ŞTIINŢA PENTRU TOŢI
185

IUSTINIAN PETRESCU
OVIDIU DRAGASTAN

Plante şi animale constructoare de roci



Ştiinţa pentru toţi

Cunoştinţe despre univers

COLECŢIA „ŞTIINŢA PENTRU TOŢI"
apare sub egida
CONSILIULUI NAŢIONAL
AL
FRONTULUI DEMOCRAŢIEI ŞI UNITĂŢII SOCIALISTE

IUSTINIAN PETRESCU
OVIDIU DRAGASTAN

Plante şi animale constructoare de roci



EDITURA ŞTIINŢIFICĂ ŞI ENCICLOPEDICĂ
Bucureşti, 1982

Coperta colecției: KERRY EUGEN

INTRODUCERE

Necesitățile mereu crescînde de substanțe minerale utile au impus dezvoltarea unei strategii în cunoașterea tuturor factorilor ce au contribuit la geneza rocilor utile. Datorită acestui fapt, intensificarea cercetărilor interdisciplinare din domeniul geologiei a permis cunoașterea mai aprofundată a legităților și corelațiilor existente între mediile de sedimentare și faciesuri. (*Faciesul* reprezintă o îmbinare directă a organismelor cu sedimentele ce le înglobează.) În acest context, atît organismele cît și sedimentele au contribuit în diferitele etape ale evoluției geologice la formarea unor anumite tipuri de roci.

Dacă urmărim această evoluție geologică, chiar de la formarea planetei noastre, deci de acum 4,6 miliarde ani, constatăm în precambrian (dealtfel o „supraeră" după durata în timp — 4,6 miliarde ani pînă la 570 milioane ani) apariția timidă a primelor organisme, plante talofite reprezentate prin bacterii (acum 3,2 miliarde ani), și apoi a algelor cianoficee, cloroficee și rodoficee, dezvoltate în mediile acvatice primare.

Ascensiunea continuă a talofitelor în precambrian a permis schimbarea balanței de gaze din atmosferă

ca şi din mediile acvatice, oxigenul, gaz primordial al vieţii, cîştigînd mereu teren iar viaţa, noi valenţe. În corelaţie directă cu acest proces se constată spre sfîrşitul precambrianului şi apariţia primelor animale metazoare (viermi, spongieri, brachiopode etc.). Această dezvoltare a organismelor vegetale şi animale predominant calcaroase şi mai puţin silicioase a determinat acumularea unor depozite, în special de calcare şi dolomite, pe grosimi de mii de metri, precum şi a unor roci silicioase cu grosimi mai reduse.

În „supraera" fanerozoică viaţa este atît de evidentă, încît sensul şi viteza de evoluţie a diferitelor grupe de organisme se accelerează, ceea ce va favoriza o diversificare accentuată, concomitent cu apariţia de noi grupe de organisme vegetale şi animale.

În paleozoic, prima eră din timpurile fanerozoice, se consemnează evoluţia ascendentă a algelor, talofite abundente în mai toate bazinele marine şi mai timid prezente în bazinele lagunar-salmastre sau dulcicole, cum este cazul algelor verzi de tipul charofitelor. În schimb, un moment cu repercusiuni directe în dezvoltarea vieţii se constată în silurianul superior — devonianul inferior cînd vor apărea primele plante ierboase, continentale (licofite şi psilofite — florele cu *Baragwanathia* şi *Psilophyton*), apoi în timpul carboniferului şi permianului dezvoltarea pădurilor luxuriante, mlăştinoase formate din pteridofite şi gimnosperme preponderent arborescente. Şi în cadrul regnului animal apar în domeniul marin evoluţii spectaculoase prin archaeociatide în cambrian, tetracorali şi tabulaţi în silurian — devonian care au generat în acest interval de timp primele structuri recifale, lamelibranhiate, gasteropode şi cefalopode. Dintre acestea, ultimele trei grupe au format prin

cochiliile lor calcare lumaşelice, calcare nodulare sau bancuri calcaroase.

Tot în acest interval de timp, atît în bazinele marine, cît şi pe continente îşi vor face apariţia vertebratele. Dintre acestea printre primele apar agnatele, în ordovician, urmate de peşti în silurian, apoi de amfibieni în devonian şi de reptile în carbonifer (vezi tabelul de la sfîrşitul cărţii).

Prin enumerarea acestor organisme am căutat să explicăm sursa, dar şi substanţele minerale utile generate de ele, cum ar fi: calcarele în cambrian — silurian, petrolul în ordovician şi devonian şi cărbunii în carbonifer — permian.

În mezozoic algele se vor dezvolta la maximum mai ales în jurasic — cretacic. Prin natura mineralogică a talului lor, ele au generat roci calcaroase, roci silicioase (diatomite), cărbuni bituminoşi (alge verzi botriococacee) şi hidrocarburi (în special planctonul reprezentat prin dinoficee).

Pădurile dezvoltate în mezozoic în arealele continentale erau constituite în mod predominant din gimnosperme. Abia spre sfîrşitul acestei ere îşi fac apariţia angiospermele (plante cu flori). Ambele grupe menţionate erau surse importante de materie organică vegetală care în regiunile mlăştinoase din timpul mezozoicului au dat naştere la importante zăcăminte de cărbuni.

În lumea animală se constată apariţii noi: hexacoralii, care vor forma bariere recifale şi atoli, lamelibranhiatele pahiodonte, care vor da naştere la lumaşele cu grosimi metrice, ceratiţii şi amoniţii, organisme nectonice ce străbăteau mările şi oceanele, iar pe continente primele mamifere.

Neozoicul, aşa după cum sugerează numele, indică o înnoire în lumea organismelor vegetale şi animale. Acum apar şi se vor dezvolta pînă astăzi prin-

cipalele grupe de alge, talofite și plante superioare predominant arborescente. Pe continente se constată o expansiune generală a plantelor cu flori (angiosperme) care prin cele aproape 270 000 de specii vor domina lumea vegetală, împreună cu mamiferele din lumea animală.

Toată această evoluție organică înregistrată și citită în piatră a permis, pe lîngă descifrarea istoriei Pămîntului, și identificarea principalelor surse de materii prime atît de necesare dezvoltării civilizației umane.

I. VIEȚUITOARELE ACTUALE CONSTRUCTOARE DE ROCI

Cu mai bine de 150 de ani în urmă, geologul englez Ch. Lyell (1797—1875) a arătat că schimbarea suprafeței Pămîntului s-a produs treptat și continuu sub influența unor factori geologici care acționează și astăzi. De fapt, aceasta este esența „principiului actualismului sau a cauzelor actuale“, fundamentat de profesorul englez amintit și la care se face adeseori apel în explicarea a numeroase fenomene geologice. Aplicarea acestui principiu (cu unele inerente modificări, dintre care trebuie exclusă mai ales interpretarea *uniformistă*) este cît se poate de binevenită în domeniul sedimentogenezei*. Cunoașterea amănunțită a fenomenelor de astăzi ce concură la formarea sedimentelor actuale, inclusiv a organismelor pe care le înglobează în anumite cazuri, permite să se înțeleagă fenomenologia ce a dus la geneza — de-a lungul erelor geologice — a diferitelor tipuri de roci sedimentare.

---

* Sedimentogeneza (lat. *sedimentum* = sediment, gr. *genesis* = origine, naștere) se ocupă cu studiul proceselor naturale de sedimentare și diageneză, în urma cărora se formează rocile sedimentare.

Cunoscîndu-se faptul că 75% din rocile ce alcătuiesc suprafața scoarței terestre sînt roci sedimentare și numai 25% roci magmatice și metamorfice, se poate spune că rolul organismelor în geneza multora dintre ele este precumpănitor. Specialiștii au confirmat că factorul cel mai de seamă în procesele de sedimentare îl au organismele, răspîndite în toate cele trei medii ale biosferei (apă, aer, sol). Prin procesul de asimilație, plantele și animalele fixează din mediu o serie de elemente chimice pe care, prin dezasimilație, și în final prin moartea lor, le restituie lumii minerale. Astfel, o serie de carbonați (în special de calciu și magneziu), fosfați, silice ș.a.m.d s-au fixat în scheletele unor viețuitoare străvechi (alge, foraminifere, moluște etc.) și în urma morții lor au luat naștere depozite (uneori imense) de roci calcaroase, dolomitice, fosfatice, silicioase ș.a. La toate acestea se adaugă cărbunii (de diferite tipuri) și țițeiul — toate în exclusivitate de origine organică.

Cîteva considerații asupra anumitor plante și animale actuale ce sub ochii noștri participă la edificarea de sedimente, inclusiv precizarea cîtorva caracteristici ale mediului respectiv, ne vor ușura drumul cunoașterii genezei rocilor organogene pe care le prezentăm mai în detaliu în capitolele următoare. Pentru a înțelege rolul organismelor în edificarea diferitelor tipuri de roci, vom reda pe scurt principalele grupe de animale și plante și natura minerală a scheletului lor (calcaroasă, silicioasă, celulozică, organică).

Regnul animal se divide în două subregnuri: Protozoare (Protozoa), organisme unicelulare, și Metazoare (Metazoa), organisme pluricelulare.

Subregnul Protozoare (gr. *protos* = primul; *zoon* = animal) cuprinde grupele Rhizopoda și Ciliofora, viețuitoare microscopice bentonice și planctonice. Unele rizopode au în majoritatea cazurilor testul calcaros (foraminifere), altele au testul silicios (radiolarii). Cilioforele sînt, de asemenea, organisme microscopice, marine, protejate de o căsuță de cîțiva microni numită lorică, de natură calcaroasă.

Subregnul Metazoare (gr. *meta* = după; *zoon* = animal) cuprinde viețuitoare multicelulare, cu o organizare mai complexă. Se subîmpart în nevertebrate și vertebrate. Nevertebratele cuprind următoarele grupe: Spongieri, organisme marine, în formă de sac cu schelet constituit din spiculi calcaroși sau silicioși; Celenterate, organisme marine, solitare și coloniale de tipul hidrozoarelor (calcaroase), hexacoralilor (calcaroși) care astăzi formează recife de corali. Tot din acest grup mai fac parte Archeociathidele, Tabulații, Tetracoralii (Rugosa) și Chetetidele, care în anumite epoci geologice au contribuit la formarea rocilor calcaroase; Viermii sînt reprezentați prin serpulide. Acești viermi au tuburi calcaroase cu care se fixează pe corali sau pe alte organisme din recif; Tentaculatele includ clasa Briozoare (Bryozoa), actualmente cu circa 4 000 de specii marine, coloniale, prevăzute cu schelet calcaros, și clasa Brachiopoda, cu 280 de specii marine. Acestea din urmă au cochilia bivalvă, calcaroasă, fixată de substrat prin peduncul; Moluștele sînt organisme ce trăiesc aproape în toate mediile și cuprind: Gasteropodele, cu peste 100 000 de specii actuale, cu cochilie calcaroasă de forme și mărimi variate, Lamelibranchiatele (Bivalvia), cu circa 20 000 specii și cochilie calcaroasă; Scafopodele, cu numai 350 de specii actuale, prevăzute cu cochilii conice, tubulare, calcaroase, și cefalopodele. Dintre cefalopode unele sînt tetrabranchiate, reprezentate prin cele 6 specii marine actuale ale genului *Nautilus*,

cu cochilie calcaroasă rulată planspiral și prin grupele dispărute de Ammonoideae (Goniatiți, Ceratiți, Amoniți), iar altele sînt dibranchiate, reprezentate prin genurile actuale *Sepia, Loligo* (calmarul) și *Octopus*.

Arthropodele sînt cunoscute în special prin tipuri marine, salmastre sau dulcicole cu carapace calcaroasă din clasa Crustacea (20 000 specii actuale) din care fac parte Ostracodele, organisme microscopice cu carapace bivalvă, Cirripedele (gen. *Balanus*), cu carapace formată din numeroase plăci, și Decapodele, prevăzute cu carapace calcaroasă.

Echinodermele sînt organisme marine fixate de substrat sau libere, bentonice și planctonice, cu schelet calcaros format din plăci acoperite de spini (radiole). Importante sînt clasele Crinoidea (620 specii), Holothuroidea (1 100 specii), Echinoidea (860 specii), Asteroidea (1 500 specii) și Ophiuroidea (1 900 specii).

Vertebratele sînt organisme superior organizate, din care numai unele grupe (peștii) au contribuit la formarea unor roci, în special organogene de tipul hidrocarburilor.

Regnul vegetal se subîmparte tot în două subregnuri: *Thallophyta* (din gr. *thallos* = mlădiță, vlăstar) sau plante inferioare cu aparat vegetativ nediferențiat în rădăcină, tulpină și frunze, și *Cormophyta* (din gr. *corm* = tijă, tulpină) sau plante superioare prevăzute cu țesuturi specializate, diferențiate în tulpină, rădăcină și frunze. Cormofitele care nu au flori corespund încrengăturilor *Briophyta* și *Pteridophyta* (= Criptogame vasculare), iar cele cu flori corespund grupului *Fanerogame* cu două încrengături: *Gymnospermatophyta* (= Gimnosperme) și *Angiospermatophyta* (= Angiosperme). Aceste două grupări importante sînt considerate ca

plante Spermatofite sau, cu alte cuvinte, plante cu sămînță. Gimnospermele au sămînța neprotejată de ovar, fiind golașă, în timp ce angiospermele au sămînța protejată de ovar și este închisă în floare, cel mai perfect mecanism de reproducere întîlnit printre plante, deoarece atît *gineceul* (partea femeiască din plantă) cît și *androceul* (partea bărbătească din plantă) sînt cuprinse, în genere, în aceeași floare.

Subregnul *Thallophyta* este reprezentat prin mai multe tipuri de alge, și anume:

— *Cyanophyceae*, alge albastre după culoarea pigmentului caracteristic, cu tal format din filamente micronice care fiind mucilaginoase au proprietatea de a capta din mediul marin granule de calcar. Prin acest proces de captare care poate să se producă ziua și noaptea și sezonier (vara — iarna, în regiunile uscate înconjurate de deșert), în mediile marine sau lacustre algele filamentoase generează structuri organosedimentare, calcaroase, microstratificate, care în ansamblu ating grosimi variabile de la 80 cm pînă la 1 m;

— *Chrysophyceae*, alge aurii după culoarea pigmentului predominant, sînt microscopice, marine și duc viață planctonică. Talul corespunde unei *cocosfere*, formată din plăci cu dimensiuni micronice, extrem de variate morfologic numite *cocolite;*

— *Chlorophyceae*, sînt alge verzi, marine, bentonice care posedă taluri de formă cilindrică (Dasycladaceae), de 1 pînă la 5 cm lungime, sau sub formă de tufe de pînă la 10—20 cm lungime, formate din segmente calcaroase, aplatizate cu aspect de evantai (Codiaceae);

— *Charophyceae*, sînt alge tot verzi cu tal de natură calcaroasă constituit dintr-o tijă cilindrică, segmentată prevăzută cu noduri și internoduri, fixată printr-un fel de rizom în mîlurile de pe fundurile

lacurilor și apelor dulci curgătoare. Tija atinge pînă la 1 m înălțime, iar la noduri poartă oogoane calcaroase milimetrice. Oogoanele reprezintă fructificațiile femele care se conservă adesea prin fosilizare; și

— *Rhodophyceae* sau algele roșii, în marea lor majoritate marine și bentonice. Aceste alge au talul calcaros, sub formă de cruste microstratificate, nodular-mamelonare, sau ramificate formate din segmente articulate cilindrice sau aplatizate. Atît talurile în formă de cruste, cît și cele ramificate sînt constituite din celule micronice diferențiate în două țesuturi, la interior hipotalul și la exterior peritalul.

Deoarece în marea lor majoritate grupele de alge menționate au talul de natură calcaroasă, depozitele formate prin acumularea lor determină nisipuri calcaroase fine sau calcare algale. Unele grupe de alge, cum ar fi *Botryococcaceele* dintre algele verzi, produc sapropelite care ulterior pot da naștere la cărbunii bituminoși. *Dinoficeele,* dintre algele gălbui-roșcate, planctonice, contribuie la formarea materiei organice din mări și oceane care în condiții propice se poate transforma în hidrocarburi, și *diatomeele* care împreună cu *silicoflagelatele* contribuie la formarea sedimentelor de natură silicioasă și apoi a rocilor silicioase.

Subregnul *Cormophyta,* prin acumularea și transformarea resturilor vegetale, în special rizomi, tulpini, ramuri, fructe, spori, polen, ce provin de la Pteridofite (Psilofite, Licofite, Arthrofite și Ferigi) și de la Spermatofite (Gimnosperme — Conifere și Angiosperme — plante cu flori), a contribuit în decursul erelor geologice ca și astăzi la formarea rocilor organogene predominant caustobiolite (care au proprietatea de ardere): cărbunii (în timp geologic) și turba (actual).

Deoarece cea mai mare parte a rocilor organogene (ca dealtfel a rocilor sedimentare în general) se formează în bazine acvatice, în continuare vom analiza cîteva caracteristici ale unor astfel de medii. Întrucît în bazine marine s-a format cea mai mare parte a rocilor organogene, în cele ce urmează vom acorda acestui mediu un spațiu preponderent.

1) De la recifele coraligene la mîlurile cu diatomee

Viețuitoarele actuale marine (plante inferioare, animale microscopice și macroscopice) sînt răspîndite în funcție de climă (temperatură, umiditate, curenți de aer), luminozitate. În ansamblu, ele constituie resurse trofice extrem de importante în menținerea echilibrului biologic din arealul respectiv.

Orice bazin marin (de sedimentare) cuprinde mai multe zone, și anume (fig. 1):

— supralitorală sau supratidală (= supramareică), avînd ca limită inferioară cota maximă a apei la flux;

— litorală sau intertidală (= intermareică), definită ca regiunea dintre flux și reflux;

— neritică sau subtidală (= submareică), corespunzătoare intervalului batimetric de 4 pînă la maximum 150 m adîncime. Structural, zona litorală și neritică corespund marginii continentale, ea incluzînd și platoul continental;

— batială, ce corespunde povîrnișului continental și atinge adîncimea de pînă la 4 000 m;

— pelagică sau de larg, în care viețuitoarele trăiesc liber în apele marine incluzînd atît planctonul cît și nectonul;

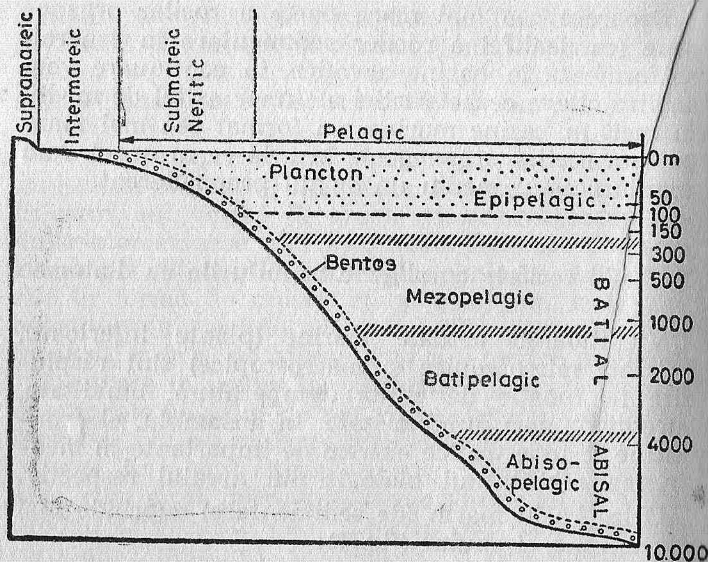


Fig. 1. Clasificarea mediului marin.

— abisală, care corespunde cîmpiei abisale și se extinde pînă la adîncimea de 10 000 m. Zonele batială și abisală corespund domeniului bazinal.

Organismele mici, microscopice, care plutesc sau mai bine zis sînt purtate de curenți formează covorul plutitor numit *plancton* (gr. *plankton* — hoinar, vagabond). Planctonul se întîlnește de la țărm pînă în largul oceanic, și de la suprafața apei pînă la 200 m adîncime. Dintre organismele care intră în componența planctonului (din zona litorală, neritică și largul oceanic) menționăm: diferite viețuitoare microscopice cu test de 50 μ — 5 mm aparținînd foraminiferelor calcaroase și aglutinante, radiolarilor silicioși, crustaceelor inferioare (ostracode), algelor silicioase diatomee și silicoflagelate, precum și algelor cu test celulozic de tipul dinoflagelatelor ș.a. Distribuția, componența și densitatea planctonului dintr-un anumit bazin acvatic, unde constituie o verigă importantă în circuitul materiei din bazinul respectiv, variază cu anotimpurile (cu lunile, chiar cu ziua și noaptea) și cu agenții atmosferici dintr-o anumită zonă.

Alte grupe de organisme care trăiesc pe fundul mărilor și oceanelor (uneori și al lacurilor) alcătuiesc *bentosul* (gr. *benthos* = fund, fundul oceanului). Bentosul cuprinde plante și animale microscopice: unele genuri și specii de foraminifere, alge dasicladacee și codiacee, alge roșii etc., precum și organisme macroscopice: spongieri calcaroși și silicioși, corali (hexacoralieri), hidrozoare, viermi tubicoli, moluște (lamelibranhiate, gasteropode), echinoderme (arici de mare, stele de mare, crini de mare) etc.

Nectonul (gr. *nektos* = înotător) reprezintă acea totalitate de animale acvatice care, avînd dimensiuni mai mari, organe de mișcare și musculatură mai dezvoltată, înoată activ în masa apei și pot să reziste la mișcarea valurilor și a curenților. În necton se includ forme mai evoluate de viață, ca: cefalopode, pești, mamifere etc. În căutarea activă de hrană, ca și în fuga de dușmani, nectonul poate migra mult în cuprinsul oceanului.

Hrănindu-se cu plancton, animalele nectonice pot controla și limita populațiile planctonice. Unele din animalele ce aparțin nectonului prezintă importanță economică pentru om. În general, nectonul are cele mai puține restricții de areal în cadrul mediului marin.

a) Organisme caracteristice biotopului recifal. Acestui biotop* îi corespund cele trei categorii de organisme (plancton, bentos și necton) ce formează asociații sau biocenoze mai mult sau mai puțin caracteristice. Acest ansamblu, sau mai bine zis macroconglomerat, de entități vii își datorează existența unei perpetue activități echilibrate între diverse grupe de organisme.

Complexele recifale actuale acoperă o suprafață de aproape 200 milioane km², în zone scăldate de ape tropicale; se găsesc sub influența sedimentelor de pe continente, precum și a curenților reci ascendenți din anumite regiuni oceanice.

Recifele rezultă în urma activității unor organisme sedentare ce se dezvoltă mai ales în zone cu ape calde și limpezi, cu luminozitate ridicată. Sînt construcții rigide formate din acumulări de schelete și cruste de corali și alge; în proporții diferite mai concură foraminifere calcaroase, spongieri, briozoare, viermi, moluște și echinizi.

Biocenozele recifelor coraligene sînt formate din puține specii, dar cu numeroși indivizi.

Pe unele organisme fixate de substrat trăiesc alte viețuitoare care formează așa-numitele *epifaună* și *epifloră*. Dintre acestea, unele sînt simbionte și parazite, care trăiesc pe și în anumite organisme.

S-a constatat că un factor restrictiv în dezvoltarea recifelor este lungimea zilei, care variază în funcție de adîncime. Aceasta scade exponențial în funcție de adîncime și de cantitatea de energie radiantă primită în fiecare zi. Dacă ziua este de 11 ore

---

* Biotop, teritoriu în care conviețuiesc specii de plante și animale, adaptate la condițiile de mediu caracteristice acestuia.

la adîncimea de 20 m, la 30 m ea este de numai 5 ore, iar la 40 m, de 15 min.

Inconstanța temperaturii și a aportului în hrană contribuie la încetinirea creșterii recifelor, determinînd forme mici, pipernicite, iar uneori construcțiile sînt sufocate de excesul de sedimente provenite din zona țărmului.

Hidrodinamismul este mai puțin important în interiorul complexului decît în jurul lui. Cantitatea de oxigen este esențială în menținerea vieții acestor organisme atît de sensibile și cu parametri de viață atît de drastici. Uneori cantitatea de CO_2 produsă în complexul recifal depășește puterea de consum a algelor zooxantele divers reprezentate în recife.

Pe platforma Marii Bariere de Corali (din NE Australiei), conținutul în CO_2 din apă este epuizat prin fotosinteză în timpul zilei, respectiv în timpul radiației solare. Saturația apei în oxigen atinge 250%, iar *p*H-ul ajunge pînă la 8,9. În schimb, noaptea procesul de fotosinteză încetează, ceea ce face ca conținutul în oxigen să scadă la 18% și *p*H-ul să ajungă pînă la 7,8.

Multe dintre organismele bentonice, din asociațiile recifale, în timpul stadiului larvar sînt pelagic-planctonice.

Planctonul reprezentat prin foraminifere calcaroase și ciliofore este des întîlnit în lagunele recifale și, curios, mai puțin abundent în jurul recifului.

De regulă, coralii și alte organisme — în special lamelibranhiate, gasteropode, viermi, briozoare, alge — se dezvoltă pe versantul dispus spre mare, unde, de obicei, hrana este mai abundentă.

Productivitatea în organisme, în cadrul recifului, este direct legată de cantitatea de hrană existentă în

zona recifală și mai ales de cantitatea de oxigen din complex, factor vital de maximă importanță.

Fiecare colonie de corali constituie o unitate ecologică, ce îmbină atît caractere carnivore, cît și erbivore.

Cele mai interesante structuri recifale sînt *atolii*, tipici arealelor Oceanului Pacific și Oceanului Indian. Din punct de vedere morfologic, atolul prezintă mai multe zone: versantul dinspre mare, platoul recifal, insula, laguna recifului și versantul lagunei.

Versantul dinspre mare (panta externă) (fig. 2) este expus mereu valurilor și prezintă o creastă algală ce poate coborî pe versant pînă la adîncimea de 15 m. Partea superioară a crestei algale este constituită din cruste, noduli algali de forme și mărimi diferite.

În zona scăldată de valuri a atolilor pînă la 15 m adîncime trăiesc coralii mari cu forme foliacee, asemănătoare celor din insulele Hawaii (din atolurile Funafuti și Bikini). În zona de trecere (între 15 și 20 m) coralii sînt de tip rămuros, puternic ramificați. De la această adîncime, pînă la 150 m, coralii devin din ce în ce mai rari, fiind de tip cupă, vaziformi și ramificați.

Platoul sau bordura recifală cuprinde zona dintre creasta algală și insulă, sau uneori ajunge pînă la lagună. Platoul poate varia în lungime de la 3 m pînă la 3 km.

Platoul reprezintă un substrat recifal calcaros, plasat mai mult sau mai puțin sub nivelul inferior al refluxului. Pe lîngă zona plată poate prezenta versante, ușor înclinate în apropierea insulei, alteori prezintă cavități, bălți și canale. Zona este puternic oxigenată, cu ape agitate și uneori cu turbiditate ridicată.

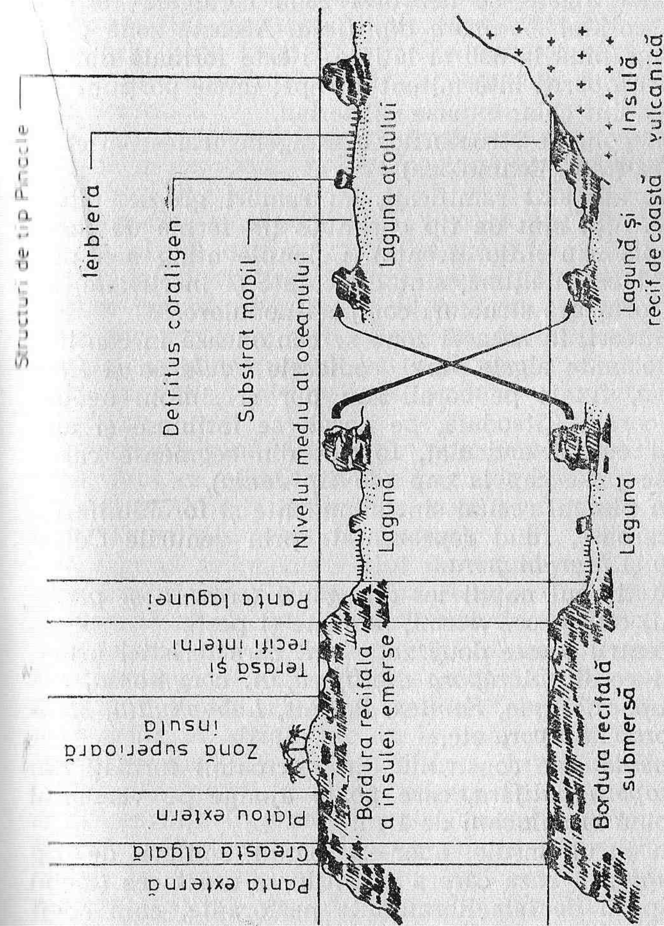


Fig. 2. Morfologia recifelor actuale (în varianta cu insulă emersă și în varianta cu bordură recifală submersă).

Pe platoul recifal, dar în imediata apropiere a crestei algale, se dezvoltă zona coralgală formată din coralul *Acropora digitifera*. Această zonă poate atinge pînă la 300 m lățime și este formată din corali acoperiți intermitent cu ape; unele porțiuni din zonă sînt chiar expuse subaerian.

În golurile structurilor coraligene trăiesc arici de mare (fam. Echinoidea).

Coralii sînt ramificați, au ramuri groase, puternice, alții sînt de tip corimbos (în formă de floare simplă sau inflorescență). Coloniile ating aici pînă la 60 cm înălțime, sînt cimentate și încrustate, încît formează structuri compact-nodulare.

Uneori, în această zonă se cantonează în cantități importante algele verzi, codiacele *Caulerpa* și *Halimeda*, fixate pe corali sau pur și simplu agățate de corali. Cîteodată, pe corali se întîlnesc și alge roșii cu tal articulat, format din segmente calcaroase puse cap la cap (de tip *Jania*).

În platoul recifal sînt abundente și foraminiferele calcaroase, fiind reprezentate prin genurile *Calcarina* și *Marginopora*.

În timpul nopții ies din găuri (crevase și perforații) crustacee, viermi, moluște și pești.

Pentru aceste două zone sînt caracteristici următorii corali: *Acropora digitifera, A. corymbosa, Pocillopora, Favia, Favites, Porites, Lobophyllia, Montipora, Tubipora* etc.

Insula este construită din microatoli formați din *Acropora palifera*, care poate ajunge pe versantul ei pînă la adîncimi de 1 m.

În jurul insulei apar și corali solitari de tip *Fungia*, la baza cărora se întîlnesc crustacee (crabi) și specii de lamelibranhiate perforante, cum ar fi *Tridacna crocera*. La acestea se mai adaugă și gasteropode, în special Conidae. Pe fundul nisipos al

versantului insular trăiesc viermi, holoturii, echinizi și moluște. Foraminiferele calcaroase de tip *Calcarina* sînt prezente și ele fiind cîteodată înlocuite prin alge verzi de tip *Cladophora*, care formează un material detritic calcaros pe suprafața recifelor mici.

În bălți se găsesc blocuri amalgamate cu cochilii mici de gasteropode, holoturii, crustacee, ofiurizi și pești de talie mică.

La așa-zisele „recife plasate sub vînt" creasta algală este ori slab dezvoltată, ori inexistentă. Platoul recifal este mai îngust, iar versantul dinspre lagună este destul de uniform.

Laguna recifului este conturată de versantele și fundul acesteia. Fundul poate fi ușor înclinat sau plat. Laguna poate atinge uneori adîncimi de 40—60 m.

În această zonă circulația apei este destul de bună, fapt ce permite dezvoltarea optimă a recifelor alături de alte organisme, cum ar fi unele alge verzi (Dasycladaceae și Codiaceae).

În lagună sedimentele sînt de mărimea pietrișurilor, nisipurilor și a mîlurilor. Acestea sînt produse ale degradării și distrugerii structurilor recifale.

În lagună, coralii sînt de tip foliaceu (exemplu *Montipora*) și rămuroși (diverse specii de *Acropora*). Alții sînt de tip arbustiv, cum ar fi speciile *Acropora exilis, A. striata* etc. În lagună, coralii domină alte organisme. Pe fundul nisipos, între corali, se întîlnesc holoturii, moluște extrem de variate, cum ar fi genurile *Cypraea, Conus* (dintre gasteropode) și mai puțin genul *Tridacna* (dintre lamelibranhiate). În biotopul recifal se întîlnesc frecvent și reprezentanți ai genului *Spondylus*, fiind fixați prin spinii dezvoltați în regiunea mediană a valvelor și a umbonelui.

Dintre celenterate, hidrozoarele și alcionarii sînt mai slab reprezentați în laguna recifului. Algele specializate (de exemplu, genul *Gomontium* dintre algele verzi perforante), spongierii, moluștele-ciripede și viermii policheți creează perforații și șanțuri în structurile coraligene.

Algele verzi din genul *Halimeda* contribuie în mare măsură la formarea detritusului din lagună, care se acumulează pe suprafețe destul de largi.

În regiunile cu sedimente nisipoase, între coralii mici, se fixează și trăiesc numeroase tipuri de holoturii (castraveți de mare) și moluște — în special lamelibranhiate și gasteropode (specii de *Tellina, Pinna, Mactra, Strombus, Voluta, Oliva* etc.). De asemenea, sînt prezente și cîteva specii de stele de mare *(Acanthaster, Echinaster)*. Dintre aricii de mare este extrem de interesant *Centrechinus setosus*, care prezintă mari posibilități de mișcare: în timpul nopții poate parcurge 30—40 m pe versantul recifului, cu ajutorul spinilor aflați pe suprafața cochiliei. Este singura specie de arici de mare cu asemenea capacitate de mișcare.

De multe ori coralii din lagună sînt rupți și distruși de valurile puternice ale apelor la flux, fiind acoperiți (uneori chiar îngropați) de resturile de alge verzi și albastre.

S-a observat că în majoritatea cazurilor coralii se așază aproape paralel cu marginea lagunei. Moluștele psamofile („iubitoare“ de funduri nisipoase) se dispun în apropierea malurilor lagunei, în timp ce gasteropodele se plasează în jurul microatolilor.

Fundul lagunei nu este uniform, ci are o conformație asemănătoare unor movile, creste sau bare.

Movila este o structură recifală construită din corali crustoși, masivi sau, rareori, rămuroși. Se prezintă ca niște denivelări mici pe fund, care au

vîrful plat și taluzuri acoperite de specii de *Halimeda*.

Crestele sau barele sînt mai mult sau mai puțin paralele între ele, fiind dispuse perpendicular pe direcția principală a fluxului. Sînt formate din nisip și se acoperă cu alge din genul *Caulerpa*. Pe creste trăiesc fixate lamelibranhiate pachiodonte, în special specii ale genurilor *Chama* (de formă nodulară), apoi *Pinna, Lima, Arca, Cardium* și *Spondylus*.

Versantul lagunar (taluz) este de regulă acoperit de o creastă groasă, formată din corali masivi strataformi, foraminifere calcaroase și aglutinate, precum și din taluri fragmentare de *Halimeda*.

Studii cantitative privind moluștele din laguna atolului Roao (Oceanul Indian) demonstrează că fauna respectivă se dezvoltă de jur împrejurul lagunei pe o distanță de 40 km și pînă la adîncimea de maximum 6 m. Pe o suprafață de 4 km^2 se dezvoltă circa 195 milioane de moluște, din care 24 milioane trăiesc la suprafață, iar restul de 171 milioane viețuiesc înfundate în mîl. Biomasa este de 436 t. Predominantă este specia *Tridacna maxima*, cu 11 milioane de indivizi și o biomasă de 326 t. Densitatea medie a populației este de 53 indivizi/m^2.

Abundența moluștelor în lagunele atolilor permite să se întrevadă posibilitatea exploatării unei asemenea bogății în materie vie (densitatea maximă 5 kg/m^2), lagunele constituind un mediu natural foarte favorabil pentru acvacultură.

Factorii edafici (calitatea substratului și hidrodinamismul) apar ca determinanți în distribuția populațiilor malacologice din corpul complexelor recifale. Pe lîngă aceștia și regimul alimentar al coralilor influențează distribuția genurilor și speciilor dintr-un complex recifal. Gasteropodele ce trăiesc în

zona superioară a structurilor coraligene (creasta algală) sînt în marea lor majoritate vegetariene (în special archeogasteropodele); cele de pe platoul superior (cu corali vii) ca și cele de pe platoul inferior (conținînd corali în curs de fosilizare) sînt în majoritate carnivore (în special neogasteropodele sifonostome — cu gura în formă de sifon). Gasteropodele care trăiesc în zonele superioare sînt exclusiv vegetariene, hrănindu-se numai cu alge albastre (cianoficee), ca epilite și endolite.

Un exemplu interesant de biotop recifal se găsește în regiunea Tuléar, din partea de sud-vest a insulei Madagascar. Aici atît faciesul de epifaună, cît și cel de epifloră formează asociații caracteristice biotopului sedimentar din formațiunile coraligene. Totalitatea speciilor fixate și mobile care trăiesc la suprafața substratului (deci, epifauna și epiflora) alcătuiesc *epibiomasa* (cantitatea de substanță vie acumulată pe substrat).

Faciesul de epifaună caracterizează substratul mobil, coraligen, constituit din asociații de gasteropode (de exemplu, genul *Strombus*), echinoderme *(Diadema)* și crustacee. Uneori, pe corali se instalează colonii în formă de cupe alcătuite din briozoare libere (din genul *Anoteropora*) care pot atinge densități importante, de pînă la 50 de colonii în 50 dm^3 de sediment dragat.

Endofauna este constituită din animale care trăiesc înfundate în mîl sau sedimente, fiind dominată de organisme detritivore în proporție de peste 85% din totalul populațiilor. Dintre organismele dominante menționăm: lamelibranhiatele *(Leda)*, scafopodele *(Merethrix, Dentalium)*, viermii *(Serpula)* și echinizii *(Echinodiscus)*.

Faciesul de epifloră se dezvoltă pe substratul mobil coraligen, în zona intermareică și submareică.

În regiunea frontală a recifului, pe dala recifală pînă la 50 m adîncime, se află noduli algali formați din alge roșii coralinacee. Substratul cu noduli de coralinacee se află sub influența curenților de fund, a valurilor și a curenților turbionari. Populațiile de coralinacee se dezvoltă în depresiuni mari. Algele au talul de formă subsferică, este ramificat, de 7—8 cm în diametru, acoperind substratul nisipos-mîlos. Densitatea lor este fluctuantă și variază de la sezon la sezon, precum și de la un an la altul. În anumite perioade, *Lithothamnium* formează un facies de epifloră cu densitate puternică, ce poate acoperi peste 70% din substrat.

Pe platoul continental, la sud de insula Madagascar, fundul este acoperit de *Lithothamnium* cu talul ramificat, ce se dezvoltă atît în sedimente terigene (provenite de pe continente), cît și în detritusul coraligen.

Fundurile acoperite cu noduli de coralinacee reprezintă un facies de tranziție între mîlurile detritice supralitorale (în care este dominant gasteropodul de țărm *Turritella*) și fundurile acoperite cu bolovănișuri, tipice pentru regiunea frontală a recifului.

b) O r g a n i s m e s p e c i f i c e s e d i m e n t e l o r d i n l a r g u l m ă r i l o r ș i o c e a n e l o r. **Indiscutabil, recifele reprezintă formațiunea biogenă cea mai spectaculară din domeniul marin;** stadiile lor de dezvoltare succesivă au fost bine explicate încă din 1842 de către Ch. Darwin*. Tot atît de

---

* În urma celebrei expediții oceanografice pe care a întreprins-o cu vasul „Beagle" (1831—1836), Darwin a explicat evoluția recifelor coraliere, stabilind următoarele trei stadii succesive (fig. 3):

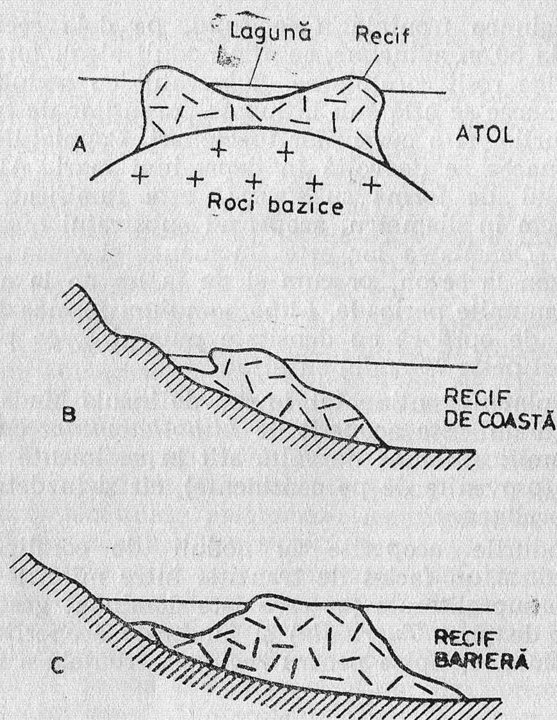


Fig. 3. Tipuri morfologice de recife.

— recife de coastă (litorale sau marginale), care se dezvoltă în imediata vecinătate a unui țărm stîncos, strîns lipite de uscatul continental sau insular. Astfel de recife apar în jurul insulelor Solomon și Hawaii din Oceanul Pacific, pe coasta ecuatorială a Africii de est, în Marea Roșie și în Canalul Mozambic, pe coastele Braziliei, ale Floridei, ale insulelor Arhipelagului Antile etc.;

— recife barieră, situate la oarecare distanță de țărm, și separate de acesta printr-un canal larg, uneori de cîțiva kilometri, și adînc de 1—80 m. În această categorie intră Marele Recif (barieră) de pe Coasta de NE a Australiei, lung de 2 400 km, cu canalul larg de 5—100 km și adînc de 20—80 m, precum și o serie de recife din Marea Roșie, Canalul Mozambic etc.;

— recife circulare (numite și atoli), de forme circulare sau elipsoidale, ca un inel insular, avînd în centru o lagună. Atolii se ridică deasupra mării numai cu 1—4 m și în timpul marilor furtuni pot fi ușor acoperiți de apele mării. Reținem că uscatul continental sau insular, de la primul la al treilea stadiu, se scufundă treptat.

adevărat este faptul că în imensitatea mărilor și oceanelor (care ocupă 70,8% din suprafața globului terestru) au loc depuneri și de alte sedimente în care rolul organismelor este remarcabil. În cele ce urmează vom prezenta sedimentele marine de adîncime (pelagice), ele fiind cele mai importante. Se împart în mai multe categorii în funcție de compoziția chimică și de organismele predominante. Ele sînt numite organice numai dacă au un procent de peste 30% material organic. Aceste depozite de adîncime, din ariile de sedimentare marine actuale, sînt numite de sedimentologi *mîluri*. Ele pot fi calcaroase și silicioase.

Sedimentele *pelàgice* apar în zona adîncă a oceanului, la distanțe mari de țărm. În alcătuirea lor intră schelete organice și particule fine minerale.

Mîlurile calcaroase pot fi cu globigerine, cocolitoforidee, pteropode etc. și pe bazine oceanice au următoarea participare: Oceanul Atlantic — 67,5%, Oceanul Pacific — 36,2%, Oceanul Indian — 54,3%. Mîlurile silicioase pot conține predominant diatomee, radiolari și au următoarea participare: Oceanul Atlantic — 6,7%, Oceanul Pacific — 14,7%, Oceanul Indian — 20,4%. Pe ansamblu, se estimează că mîlurile (nămolurile) calcaroase ocupă 128 milioane km^2, sau aproximativ 35% din fundul oceanelor.

Nămolurile silicioase acoperă doar 38 milioane km[2] sau circa 10,5% din fundul oceanului*.

Mîlurile cu globigerine reprezintă depozite pelagice de adîncime, care au luat naștere prin acumularea scheletelor calcaroase ale foraminiferelor mai sus amintite.

Globigerinele (fig. 4) sînt foraminifere microscopice cu testul perforat, planctonice, ce populează apele în general pînă la 300 m adîncime. Foraminiferele planctonice devin preponderente începînd din triasic. Apoi, în jurasic și cretacic, ca și în terțiar, importanța litogenetică a crescut progresiv atingînd maximul în miocen.

Conținutul mediu în $CaCO_3$ pe probe din aceste mîluri ce provin din Oceanul Pacific este de 82%, iar limita de variație este cuprinsă între 75 și 89%. Comparat cu alte depozite de adîncime, mîlul cu globigerine este slab sortat, cu diametrul mediu al particulelor de 10 μ, uneori întîlnindu-se însă particule de pînă la 100 μ.

Limita minimă care definește mîlul cu globigerine este de 30% material organic. O parte din $CaCO_3$ din aceste mîluri provine și din precipitarea chimică. După cum se știe, în apele puțin adînci există o concentrație mare de $CaCO_3$; se constată însă că odată cu adîncimea, $CaCO_3$ se dizolvă, astfel că planctonul calcaros ajuns la adîncime ar trebui să

* O a treia categorie de sedimente a fost numită „argila roșie abisală", și este caracteristică zonelor adînci (în medie în jur de 5 000 m adîncime). În cadrul acestui depozit ce acoperă străfundurile largului oceanic predomină argila roșie în proporție de circa 85%, alături de care mai apar carbonați de calciu (de natură organică circa 6%, silice organică circa 2% etc.). Argila roșie are următoarea repartizare: Oceanul Atlantic — 25,8%, Oceanul Pacific — 49,1%, Oceanul Indian — 23,3%.

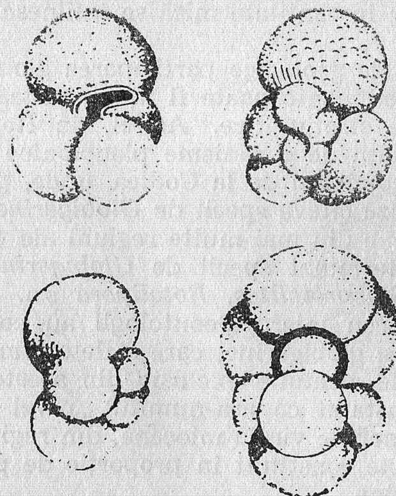


Fig. 4. Foraminifere planctonice din mîlurile cu globigerine (genul *Globigerina*).

dispară în bună parte. Faptul că în unele sedimente globigerinele mai păstrează protoplasma în interiorul testului se explică prin căderea rapidă a acestor organisme spre abisurile marine. Formele mari (de 0,75 mm în diametru) se scufundă cu o viteză de circa 3,8 cm/s, iar cele mici (0,12 mm în diametru) au o viteză de aproximativ șapte ori mai mică. De aceea, foraminiferele mari ajung la 4 500 m adîncime în 1,09 zile, iar cele mici în 7,5 zile.

Acest mîl este des întîlnit la adîncimea de 2 000—5 000 m. S-a constatat că numărul de specii din sediment descrește de la tropice spre poli. Compoziția medie în organisme a acestor mîluri este următoarea: foraminifere planctonice — 53,10%, foraminifere bentonice — 2,13%, organisme silicioa-

se — 1,64%; în cantitate mică se întîlnesc şi cocolitoforidee.

În depozitele geologice participarea globigerinelor în diferite sedimente poate fi uşor constatată la diferite nivele stratigrafice. Astfel, în România se cunosc asociaţii de organisme planctonice şi bentonice în neocomianul de la Codlea, unde, printre altele, se citează cîteva specii de *Globigerina*. În marnele senoniene din mai multe regiuni ale ţării noastre s-au determinat specii de *Globigerina, Globotruncana, Globorotalites, Rotalipora* ş.a. La limita danian-paleocen micropaleontologii au constatat o „explozie" de globigerine, care a determinat formarea de nivele alcătuite exclusiv din aceste organisme. S-a constatat că aşa-numitul „nivel de tufuri cu globigerine" de vîrstă miocenă, din regiunea subcarpatică, este constituit în proporţie de peste 80% din globigerine.

Mîlurile cu Cocolitoforidee sînt dezvoltate pe suprafeţe mai restrînse în Oceanul Pacific, Oceanul Atlantic, cît şi în Marea Mediterană.

Se ştie că acestea (fig. 5) sînt alge crisoficee unicelulare foarte mici la care scheletul (coca) este calcaros şi constă din numeroase elemente structurale sau plăci (cu diametrul de 10—50 μ), foarte diferite morfologic (sferice, eliptice, bastonaşe), numite cocolite. Aceste alge flagelate prosperă astăzi în ape marine temperate şi calde, dar nu lipsesc nici din regiunile reci. Se apreciază că temperatura optimă de dezvoltare este de +20°C. Preferă ape cu salinitatea de 20—30‰, fiind totodată legate de ape bogate în O_2 şi cu un *p*H în jur de 8,05. Cocolitoforideele actuale (apreciate la circa 380 de specii) proliferează într-o cantitate extraordinară atunci cînd condiţiile sînt favorabile. Ele sînt responsabile de aşa-numitul fenomen de „albire a apelor", dato-

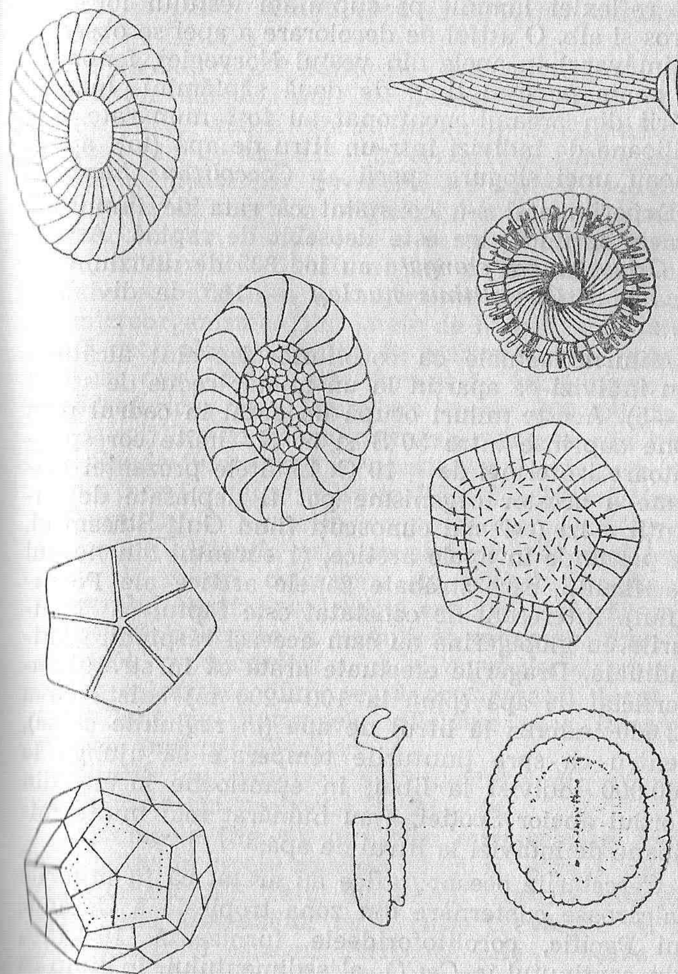


Fig. 5. Tipuri morfologice de cocolite.

rat reflexiei luminii pe suprafaţa testului lor calcaros şi alb. O astfel de decolorare a apei se observă (primăvara) în apele din vestul Norvegiei, fenomen ce poate persista timp de două săptămîni. În apa mării din arealul menţionat au fost numărate 115 milioane de indivizi într-un litru de apă (toţi aparţineau unei singure specii — *Coccolithus huxley*).

Experimental s-a constatat că rata de înmulţire a acestor mici alge este deosebit de rapidă. Astfel, la *Cricosphaera elongata* au loc 225 de diviziuni pe zi, iar la *Coccolithus huxley* — 185 de diviziuni pe zi.

Mîlurile actuale cu cocolitoforidee sînt alcătuite din indivizi ce aparţin la un număr redus de specii (3—5). Aceste mîluri ocupă un areal în cadrul unei zone cuprinse între 50°S şi 50°N, limite corespunzătoare izotermei de +10°C. Limitele prezenţei maxime a acestor organisme pot fi deplasate de curenţii calzi (cei mai cunoscuţi fiind Gulf-Stream-ul, ce pătrunde în apele arctice, şi curentul din nordul Pacificului, care străbate zonele arctice ale Pacificului). Interesant de constatat este faptul că şi mîlurile cu globigerine au cam aceeaşi răspîndire latitudinală. Dragările efectuate arată că în stratul superficial de apă (pînă la 100—200 m) există circa 32 000 indivizi la litrul de apă (în regiunile calde), pentru ca spre ţinuturile temperate să ajungă la 360 000 indivizi la litru; în eşantioane locale, din nordul apelor Scoţiei, s-au numărat mai multe milioane de indivizi la litrul de apă.

Cercetările oceanografice au arătat că în mîlurile calcaroase cuaternare din zona tropicală a Oceanului Pacific, cocolitoforideele furnizează 10—15% din conţinutul în $CaCO_3$ al sedimentului, în timp ce în mîlurile terţiare participarea lor este mai impor-

tantă (se poate ajunge pînă la 50% din cantitatea totală de $CaCO_3$).

Ca fosile, cocolitoforideele sînt semnalate de la începutul paleozoicului, dar numai din jurasicul inferior pot fi valorificate ca indicatori stratigrafici — atribut care se amplifică în cretacic şi, mai apoi, în terţiar şi cuaternar. Prezenţa lor într-un sediment este o dovadă certă a originii lui marine. Ele se întîlnesc într-un număr imens în: marne, marno-calcare, calcare de diferite tipuri şi în cretă — care este o rocă alcătuită în majoritate absolută din aceste microorganisme. Din datele de literatură se pot da două exemple: un pachet de marne eocene, gros de 400 m, din Anglia, este format în bună parte din cocolitoforidee (s-au numărat peste 800 000 indivizi/mm^3), iar în marno-calcarele pliocene din insulele Sonde (Indonezia) se constată o participare masivă a acestor alge cu peste 5 500 000 indivizi/mm^3.

Simplificînd lucrurile, se poate spune că fundul Oceanului Atlantic este acoperit în cea mai mare parte de mîluri calcaroase (în schimb, pe fundul Oceanului Pacific predomină argilele roşii sărace în carbonaţi şi bogate în noduli de mangan). Spre cei doi poli, productivitatea ca şi acumularea organismelor calcaroase diminuează considerabil, locul lor fiind luat de diatomeele silicioase care formează noroaie (mîluri) silicioase.

Mîlurile cu diatomee sînt alcătuite din frustule de diatomee în proporţie de 20—60%.

Diatomeele (fig. 6) sînt alge microscopice foarte răspîndite în apele marine, dulci şi sărate de pe toate latitudinile. Talul lor, numit frustulă, este silicios, fiind asemănător cu o cutie prevăzută cu capac. Cutia şi capacul formează cele 2 valve ale frustulei. Frustula prezintă o largă diversitate morfologică. Înmulţirea rapidă a acestor alge (îndeosebi

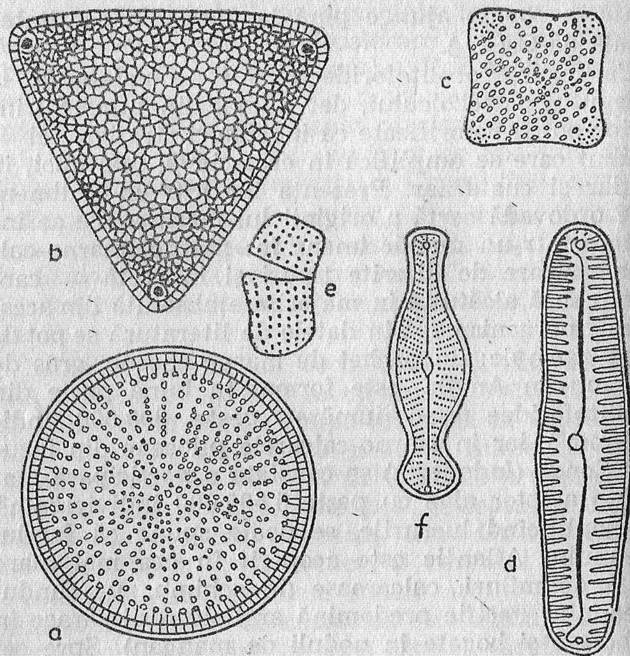


Fig. 6. Genuri de alge cu talul silicios, Diatomee, care participă la formarea mîlurilor silicioase (a. *Actinocylus;* b.—c. *Triceratum;* d. *Pinnularia;* e. *Pyxidicula;* f. *Achnanthes*).

primăvara) face ca la anumite latitudini planctonul să fie dominat de acestea. În emisfera nordică, de exemplu, adeseori se pot număra 1 milion de indivizi/m^3 apă; unele măsurători din nordul Atlanticului au indicat chiar 200 de milioane indivizi/m^3 apă. Se apreciază că 7,2% din suprafața mărilor actuale ar reveni planctonului dominat de diatomee. În vestul Japoniei, la începutul toamnei, apele de

coastă capătă o culoare brun-închisă, cu miros stătut de mlaștină, din cauza dezvoltării exuberante a diatomeelor. Zona din Marea Adriatică numită „Marea Sporco" și-a primit numele tocmai de la masele gelatinoase de diatomee care se dezvoltă aici în cantități impresionante. Se estimează că aproape 50% din volumul diatomeelor este format din globule de ulei, care poate intra în procesul de bituminizare, cu rezultate pozitive în acumulările de hidrocarburi (vezi cap. V).

Mîlurile cu diatomee, de culoare albă sau gălbuie, au cea mai mare dezvoltare în emisfera australă (între 55 și 65°), la adîncimi de 1 100—6 000 m; în emisfera nordică cea mai importantă dezvoltare a unor astfel de depozite a fost constatată în nordul Pacificului. Aceste mîluri sînt întîlnite, în general, în zone marine situate la latitudini ridicate, aproape riguros peste aria de înaintare a ghețarilor plutitori, acolo unde curenții au posibilități foarte mari de dizolvare a $CaCO_3$ și, deci, reduc proporția acestui mineral în compoziția apei. Mîlul este în general bine sortat (cu granulație fină) și are caracter siltitic*. Depozitele sedimentare conțin în mod excepțional 2—40% $CaCO_3$, aport determinat de transportul prin intermediul ghețarilor plutitori.

Analiza medie a unui mîl cu diatomee arată următoarea compoziție: diatomee $>$ 40%; foraminifere pelagice $>$ 18%; foraminifere bentonice $<$ 2%; alte organisme $>$ 3%; fracțiune minerală de circa 16% ș.a.

Cele dintîi resturi de diatomee fosile se leagă de prima parte a paleozoicului; prezența lor în jurasic și cretacic nu mai poate să fie pusă la îndoială. Au

* Rocile siltitice au elementele componente (granulele) cu diametre de 0,1—0,01 mm.

devenit foarte numeroase pe parcursul erei neozoice, cînd au jucat un rol litogenetic important, formînd depozite diatomitice (vezi cap. III).

Mîlurile cu radiolari se găsesc în zone marine profunde (4 200—8 200 m adîncime), radiolarii avînd o participare de peste 20% iar în unele cazuri aceste valori ajung la 60—70%.

Radiolarii (fig. 7) sînt organisme microscopice (din subîncrengătura Actinopoda), exclusiv marine, cu testul silicios (constituit din opal), cu diametrul variabil (50—400 μ), și o mare varietate morfologică (dar de obicei sferic sau sub formă de clopot). Trăiesc în toate mările, la diferite latitudini și adîncimi, dar se dezvoltă mai ales în regiuni în care abundă aportul de cenușă vulcanică, din care își extrag silicea necesară scheletului.

Apele Oceanului Pacific sînt medii bune de dezvoltare a radiolarilor. Aici, apele de adîncime conțin de patru ori mai multă silice (SiO_2) decît apele Atlanticului. Puterea de dizolvare în adîncime este legată de existența unei mari cantități de CO_2 și de presiune. S-a constatat că planctonul silicios rezistă mai bine la presiune decît cel calcaros.

O probă medie de mîl cu radiolari conține: radiolari < 55%; foraminifere pelagice > 3%, foraminifere bentonice circa 0,1%; fracțiuni minerale < 2% etc. (Participarea radiolarilor la geneza unor roci din timpurile geologice este prezentată pe larg în cap. III). Și alte organisme pot să ia parte astăzi la formarea unor mîluri calcaroase (de exemplu, moluște din grupul *Pteropoda*) și silicioase (alge din grupul silicoflagelatelor).

c) M a r e a N e a g r ă — u n b i o t o p p a r t i c u l a r. Depozitele sedimentare din Marea Neagră poartă pecetea unui bazin acvatic cu caracteris-

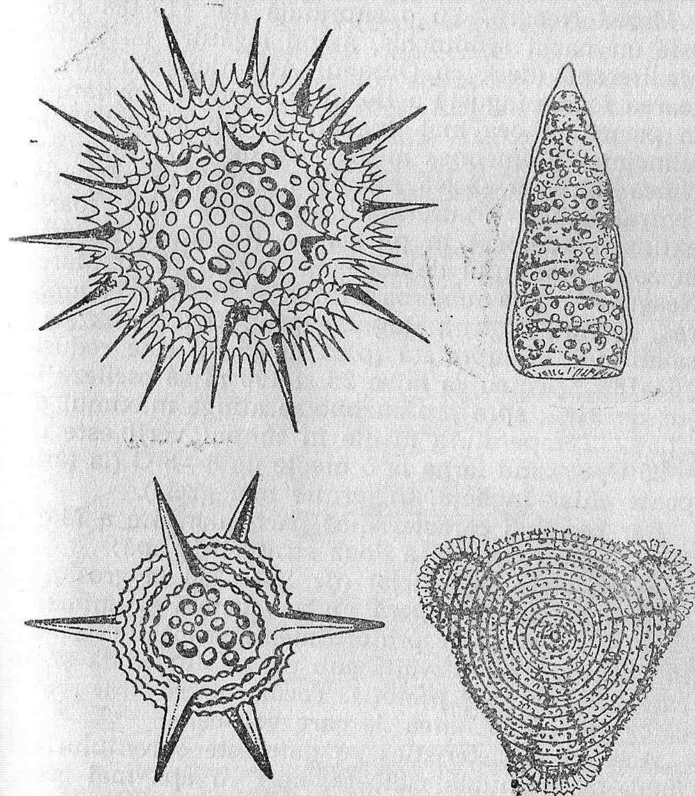


Fig. 7. Genuri de radiolari, principalii constituenți ai mîlurilor silicioase.

tici unice. Trăsăturile particulare ale sedimentării în Marea Neagră se datoresc mai ales evoluției geologice a acestui bazin acvatic, ca și raporturilor pe care le are cu suprafețele continentale din jur și cu bazinele acvatice limitrofe.

Marea Neagră, cu o suprafață de 413 488 km², este un bazin semiînchis, avînd legătură cu Marea Mediterană (deci, cu Oceanul Atlantic) prin strîmtoarea foarte îngustă a Bosforului (sub 2 km lățime în partea ei cea mai îngustă și numai de 45 m adîncime). Adîncimea medie este de 1 271 m, adîncimea maximă (2 245 m) fiind atinsă în regiunea central-sudică. Platforma continentală este foarte extinsă, îndeosebi în partea de NV (deci, inclusiv în zona litoralului dobrogean). Pentru că în Marea Neagră se varsă numeroase fluvii și rîuri mari (Dunărea, Prutul, Nistrul, Bugul, Niprul, Kîzîl Irmak ș.a.), salinitatea la suprafață (pînă la 25 m) este redusă: 16—18‰, pentru ca între 25 și 100 m să oscileze în jur de 21‰; spre profunzime se atinge maximul de 22,5‰. Temperatura medie în timpul verii este de +25°C, scăzînd iarna la o medie de 6—8°C (la țărm poate chiar îngheța, în iernile mai grele).

Dar cea mai caracteristică particularitate a Mării Negre este existența a două straturi de apă:

— un strat superficial (de 150—200 m grosime), aerisit, în care prosperă viața vegetală și animală;

— și un strat de profunzime, cu conținut ridicat în H_2S, care se dezvoltă sub cel de suprafață și în care viața nu este posibilă. Tocmai acest strat reducător dă specificitatea de care vorbeam.

Această caracteristică se datorește curentului de fund, de salinitate ridicată, deci cu apă mai grea, ce se strecoară în Marea Neagră venind din Mediterana, și curentului superficial de apă mai îndulcită, deci ușoară, ce se scurge din Marea Neagră spre Marea Mediterană. La această situație se adaugă lipsa sau prezența în proporție redusă a curenților verticali, de amestec.

Desigur, sedimentele organice sînt dependente de producția planctonului din stratul superior, aerisit,

care — cum spuneam — are în general o grosime doar de 150—200 m. O foarte bogată faună de nevertebrate și vertebrate (apreciate la vreo 1 500 specii), ca și un fitoplancton abundent* asigură o sedimentare bogată și specifică. Răspîndirea celor mai importante tipuri de sedimente este redată în fig. 8. În cele ce urmează vom prezenta pe scurt principalele tipuri de sedimente caracteristice Mării Negre.

*Lumașelele*** se formează în zona litorală stîncoasă. Acolo se dezvoltă în condiții favorabile cochilii

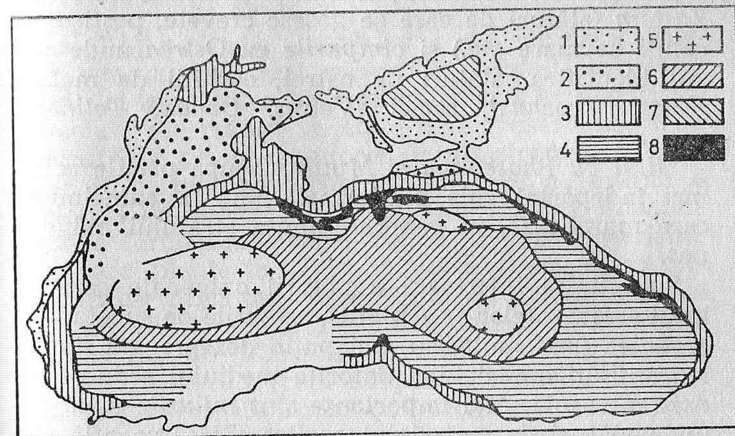


Fig. 8. Repartizarea sedimentelor pe fundul Mării Negre; 1. nisipuri, 2. lumașele, 3. mîl cu *Phaseolina* și *Mytilus*, 4. mîl cenușiu, 5. mîl calcaros, 6. mîluri de tranziție, 7. alte sedimente mîloase, 8. zone fără sedimente actuale.

* În anumite sectoare cocolitoforideele sînt foarte abundente — pînă la un milion de indivizi într-un litru de apă; calitativ însă, s-au recunoscut doar 5 specii.

** Lumașelul (ital. *lumaca* = melc) este o rocă alcătuită predominant din cochilii de gasteropode și lamelibranhiate.

de gasteropode *(Patella)*, lamelibranhiate *(Mytilus)*, apoi crustacee *(Balanus, Pachygrapsus)*, alge verzi, brune, actinii etc.

Nisipurile au în alcătuirea lor aluviuni terigene, material rezultat din distrugerea țărmului (sub acțiunea valurilor), fragmente calcaroase provenite din distrugerea cochiliilor ș.a. Acolo își duc traiul o serie de organisme ce-și înfîntă corpul în substrat (viermi, moluște, crustacee, pești etc.).

Tot în mediul litoral se găsesc sedimente organice formate pe seama acumulării plantelor și animalelor din alte două biocenoze, și anume din *cîmpurile cu Zostera* (alături de care se găsesc crevete, peștișori, căluți de mare etc.) și *cîmpurile cu Ostrea* unde se pot identifica, alături de ostrei, cochilii de melci *(Nassa, Trochus)*, scoici *(Venus, Donax, Telina)*, raci etc.

Mîlul cu Phaseolina și Mytilus ocupă părțile cele mai îndepărtate ale platformei, pînă la adîncimea care marchează, în general, limita stratului oxigenat.

Sub limita inferioară a păturii oxigenate caracterul sedimentelor se schimbă, resturile de substanță organică (mai mult sau mai puțin dezagregată fiind în cantități apreciabile) datorită mediului reducător existent acolo. Mai importante sînt *mîlurile cenușii* unde alături de materialul argilos (75%) se află și materie organică (3—5%), *mîlurile calcaroase* (compuse din 30% materal argilos, 62% carbonat de calciu, 8% substanță organică etc.) și *mîlurile de tranziție* (constituite din alternanțe de mîluri cenușii și calcaroase, în proporții diferite).

Deosebit de importante pentru studiul sedimentării actuale sînt mîlurile subfosile, aflate sub cele calcaroase, care sînt niște *mîluri negre sapropelice*,

cu circa 35% materie organică. Se admite că aceste condiții de bituminizare sînt comparabile cu cele care au dat naștere la rocile-mumă de petrol.

2) Turbării și noroaie bituminoase

Înțelegerea fenomenelor geologice care au determinat geneza diferitelor tipuri de cărbuni fosili este ușurată de cunoașterea formării în etapa actuală, sub ochii noștri, a turbelor și a noroaielor bituminoase.

a) Tipuri de turbării și turbe. Turba este un sediment recent ori subfosil (eventual fosil) al mlaștinilor neaerisite, compus în majoritate absolută din resturi vegetale bine conservate, ce-au trecut însă printr-un proces de transformare biochimic și parțial fizico-chimic, din care a rezultat o relativă îmbogățire în carbon *(turbificare)*. Mlaștina este o formațiune biogeografică acvatică neaerisită, ale cărei plante în loc să putrezească sau să se mineralizeze după moarte, se turbifică aglomerîndu-se în cele din urmă la fund sub formă de zăcămînt turbos (fig. 9). Mlaștina de turbă, numită în mod curent „turbărie“ (prin adaptarea termenului francez *tourbière* încă acum un secol), este o mlaștină care are la temelia sa un zăcămînt turbos de cel puțin 30 cm grosime (și, în general, cu o suprafață mai mare de 0,5 ha).

Procesul de formare a turbei (turbificarea) este inițiat de o intensă activitate bacteriană. În apa mai puțin acidă a mlaștinilor obișnuite *(eutrofe)* se găsesc numeroase tipuri de bacterii, inclusiv cele nitrificante, denitrificante și hidrolizante ale celulozei. S-a constatat că într-o turbărie eutrofă, bacte-

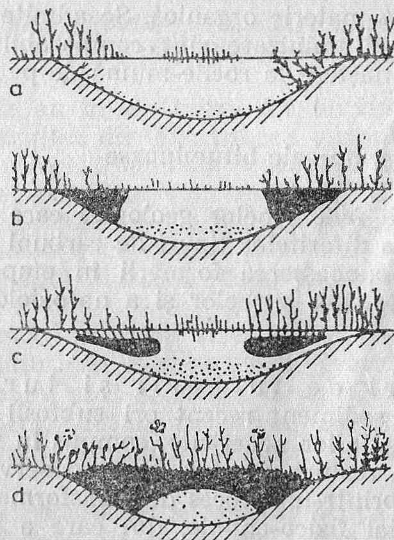


Fig. 9. Faze evolutive în formarea unei turbării (a. faza incipientă de invadare cu material vegetal a bazinului; b.—c. faza de invadare accentuată sau înmlăștinire; d. faza de umplere completă cu material vegetal și cu mîluri și nisipuri, în condiții anaerobe ceea ce favorizează incarbonifierea).

riile aerobe, actinomicetele și mai ales ciupercile scad în mod sensibil cu adîncimea. În schimb, bacteriile anaerobe cresc cantitativ ușor spre adîncime. Partea aeriană, bine dezvoltată, a plantelor din aceste mlaștini cade periodic în apă, fiind supusă procesului de degradare bacteriană. După ce plantele moarte ajung sub apă și se acoperă cu mîl, ele sînt ferite în cea mai mare parte de contactul cu oxigenul, oprindu-se în acest fel distrugerea țesuturilor plantelor respective. Într-adevăr, la o mică

adîncime de la suprafață nu mai găsim bacterii aerobe, în schimb, în stratele profunde mai persistă doar bacterii anaerobe.

În mlaștinile *oligotrofe* (tinoave) se creează un mediu foarte acid sau chiar toxic. În ele se găsesc mai puține bacterii. Microorganismele din aceste turbe cu *Sphagnum* (numite sfagnete) sînt acidofile. Frecvența lor scade la un *p*H ridicat, pentru a spori cînd se atenuează aciditatea. În timp ce numărul bacteriilor crește în mod sensibil cu micșorarea acidității, ciupercile sporesc și ele, dar într-un ritm mai atenuat. Raportul dintre bacterii și ciuperci descrește pe măsură ce scade aciditatea. În schimb, pe măsură ce alcalinitatea unui sfagnet crește spre adîncime va crește și numărul bacteriilor. Bacteriile azotos-amoniacale sînt puțin active (din cauza acizilor humici și datorită lipsei de oxigen). De aceea, procesul de degradare bacteriană a plantelor moarte este redus, încetînd complet la adîncimi mici de la suprafață. Din acest motiv, structura plantelor de odinioară este mai bine conservată în mlaștinile oligotrofe (față de cele eutrofe).

După această *etapă inițială*, de *agresiune bacteriană* (mai dezvoltată în mlaștinile comune și redusă în tinoave), procesul de turbificare scapă (probabil, în cea mai mare parte) de sub controlul agentului biologic, fiind desăvîrșit într-o etapă ulterioară de factorii fizico-chimici *(etapa fizico-chimică de turbificare)*. Dintre acești factori cel mai important este presiunea crescîndă, ce vine din partea propriei greutăți a turbei și a păturii de apă, avînd ca rezultat tasarea sedimentului turbos. În cadrul acestui proces au loc fenomene speciale de adeziune și capilaritate. Dintre factorii chimici sînt mai importanți: absența oxigenului liber, reacția acidă a apei și apariția acizilor humici. Cît privește natura chi-

mică a acizilor humici atît de caracteristici pentru mlaştinile de turbă se apreciază că ei provin din degradarea chimică a ligninei, a zaharurilor, a substanţelor taninice şi mucilaginoase. Găsindu-se în stare coloidală, ei măresc considerabil capacitatea turbei (care se formează) de a încorpora apa (turbele conţin 70—95% apă). Substanţele proteice ale plantelor moarte sînt şi ele incomplet saturate. In primele stadii ale turbificării, ele ajung să devină azotos-amoniacale în parte, ba în mlaştinile comune pot să se degradeze pînă la CO_2, metan şi apă. În general însă, degradarea lor pare a se opri la compuşi tanino-proteici stabili. Turba va conţine, deci, aproape numai azot organic şi foarte puţin sau deloc azot mineral, asimilabil de către plante. Mai uşor sînt degradate glucidele solubile şi aminoacizii; mult mai greu este dezorganizată (distrusă) celuloza. Fosforul şi sulful din moleculele proteice trec în compuşi anorganici şi pot fi spălaţi de apa de infiltraţie. Substanţele organice cel mai puţin atinse în procesul de turbificare sînt rezinele, uleiurile şi grăsimile, dar mai ales sporopolenina ce alcătuieşte exina sporilor şi polenului. Aceasta, dealtfel, a şi favorizat buna cunoaştere palinologică a depozitelor turboase. În ţara noastră, turbăriile cuaternare au fost studiate palinologic cu rezultate remarcabile de Emil Pop şi şcoala sa din Cluj-Napoca.

Luînd în considerare participarea elementelor chimice în cadrul sedimentelor de turbă, se poate conchide că turbificarea se finalizează printr-o îmbogăţire relativă în carbon şi o sărăcire remarcabilă în oxigen. Proporţia relativ ridicată de carbon se realizează mai ales pe seama celulozei. Totodată, în turbe are loc o creştere relativă a proporţiei de cenuşă faţă de conţinutul corespunzător din organele vegetale iniţiale; se mai constată şi o îmbogăţire în

coloizi, care sînt responsabili de excesul în apă al turbei.

Turbăriile cu un areal foarte larg — din zonele polare pînă la cele ecuatoriale — sînt clasificate în funcţie de amplasarea geografică în două categorii:

— turbării *paralice*, dezvoltate în lungul litoralului, de obicei în lagune vechi pe cale de desalinizare progresivă, eventual invadate periodic de apele marine (fig. 10);

— turbării *limnice*, individualizate în interiorul continentelor, în văi sau pe platouri mlăştinoase (fig. 11).

Luînd în considerare cantitatea de materii minerale oferite de solul sau apa mlaştinii, se deosebesc: turbării eutrofe (a căror vegetaţie dispune din abundenţă de săruri nutritive) şi turbării oligotrofe (în acest caz sărurile nutritive se reduc la minimum, ceea ce face ca puţine plante să se poată adapta acestor condiţii extreme). De fapt, criteriul amintit este funcţie de un întreg complex de factori, ca: natura solului, morfologia terenului, clima etc. Dar toate la un loc, mai ales clima, determină şi natura vegetaţiei de pe mlaştină.

Mlaştina eutrofă (comună) se caracterizează printr-un substrat saturat de apă, bogat în substanţe nutritive, ce provine din apele de infiltraţie, ca şi prin lipsa de aerisire a solului şi a apei. Astfel de condiţii sînt uşor realizabile în orice formaţiune geologică şi în condiţii climatice diferite, ceea ce explică răspîndirea mlaştinilor eutrofe pe întreaga suprafaţă a globului. De exemplu, mlaştinile de turbă din regiunile tropicale sînt în întregime eutrofe.

Mlaştinile de acest tip iau naştere în orice depresiune a terenului, în lacuri fără aerisire (pe care le colmatează), în jurul izvoarelor, pe luncile rîurilor etc. Sînt tributare apelor de infiltraţie, care conţin

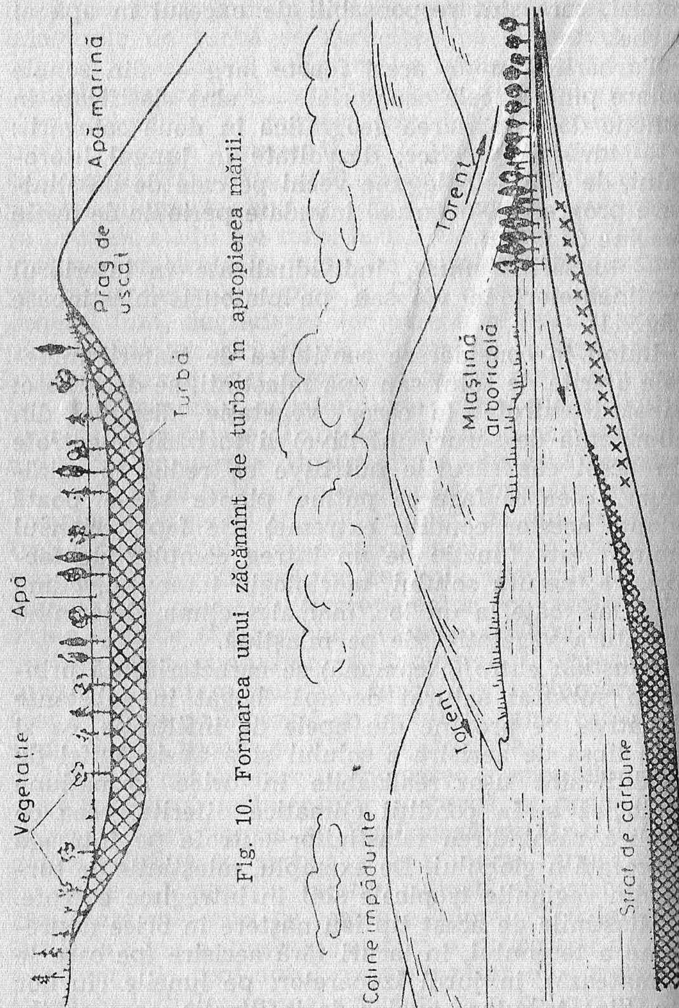


Fig. 10. Formarea unui zăcămînt de turbă în apropierea mării.

Fig. 11. Reconstituirea unei lagune în care se formau depozite cărbunoase.

cantităţi importante de substanţe minerale (totdeauna peste 0,15%). Solul de bază, saturat de apă, este şi el bogat în substanţe nutritive, avînd o reacţie de cele mai multe ori neutră sau slab acidă.

Suprafaţa mlaştinii eutrofe este întotdeauna plană, niciodată bombată la mijloc. Din această cauză se mai numesc „mlaştini plane" sau „joase" *(„Flach-Moor")* şi nu pentru că ele ar fi caracteristice zonei de cîmpie. Într-adevăr, ele se pot individualiza la cele mai diverse altitudini.

La noi în ţară (ca dealtfel într-o bună parte a Europei) flora mlaştinii se compune în majoritate din plante acvatice mari, eutrofe, din genurile: *Phragmites, Typha, Scirpus, Juncus, Carex, Dryopteris, Equisetum* ş.a. Acestea se amestecă cu diferite specii lemnoase ale genurilor: *Salix, Alnus, Rhamnus, Betula, Populus* etc. Aspectul vegetaţiei este foarte diferit de la caz la caz. Uneori domină trestia *(Phragmites)*, alteori rogozul *(Carex)*, mai ales sub formă de „perini" sau „popîndaci"; cîteodată capătă aspectul unui fînaţ umed sau al unui arinış ori răchitiş înmlăştinit. În decursul procesului de colmatare, adeseori vegetaţia se dispune zonal, ceea ce se va oglindi şi în stratigrafia zăcămîntului turbos.

După ce se umple mlaştina eutrofă, de obicei ea îşi încheie ciclul evolutiv transformîndu-se într-un tip de vegetaţie mezotrofă, ierboasă sau lemnoasă. Cînd însă condiţiile climatice sînt favorabile, peste ea se poate înfiripa cu încetul un tinov care creşte peste nivelul dimprejur şi se revarsă centrifug peste periferia de altădată a mlaştinii-mume.

Turba mlaştinilor eutrofe se formează sub nivelul apei de infiltraţie, fiind din acest motiv o „turbă infractivă". Acest fel de turbă este bogată în cenuşă

(peste 10% sau chiar peste 50%), formînd mai ales varietăți de calitate inferioară.

În ansamblul lor, pe scară planetară, mlaștinile eutrofe cunosc o mare diversitate: mlaștini cu conifere și foioase; mlaștini împădurite cu foioase; mlaștini cu ierburi înalte, dar cu păduri de *Taxodium, Nyssa, Liquidambar;* mlaștini cu ierburi înalte de apă dulce; mlaștini din ținuturile de mangrove etc.

Pentru implicațiile pe care le au în explicarea genezei cărbunilor fosili, vom stărui mai departe asupra turbăriilor de pe coasta orientală a S.U.A. și a mlaștinilor de mangrove.

În ceea ce privește turbăriile de pe coasta atlantică a S.U.A., ne este mai bine cunoscută turbăria Dismal Swamp. Numele de Swamp este de obicei rezervat mlaștinii cu *Taxodium*. Dismal Swamp este situată pe marginea coastei atlantice americane (la granița dintre statele Virginia și Carolina de Nord). Această mlaștină măsoară circa 60 km lungime și 40 km lățime, înglobînd și un lac neinvadat de vegetație (lacul Drummond), de circa 5 km în diametru. Ansamblul turbos este un vechi fund marin pliocenic, emers cel puțin 10—20 m, mărginit spre vest de un escarpament ce corespunde la un vechi țărm. Altitudinea actuală a turbăriei nu este decît de cîțiva metri, în medie, deasupra nivelului mării, de care este separată prin creste nisipoase, analoage dunelor. Cea mai mare parte a mlaștinii este acoperită de o pădure nu prea variată, în cadrul căreia domină:

— în mlaștina acoperită de ape: *Taxodium distichum* (care ocupă regiunile constant imerse); *Nyssa sylvatica* (care vegetează în zonele aproape constant imerse), *Juniperus virginiana* (ce crește în zonele emerse în timpul sezonului secetos);

— în mlaștina în general emersă se dezvoltă diferite specii de pini și cedrul alb.

Solul mlaștinii (studiate pe mai mult de 50% din suprafața totală) este constituit din turbă, a cărei grosime și compoziție variază dintr-o zonă în alta. Grosimea turbei variază de la 0,30 m la 6 m, grosimea medie fiind de 2,10 (ceea ce corespunde la 672 milioane t). Turba din zonele neîmpădurite (mai ales din preajma lacului Drummond) diferă de turba din regiunile împădurite prin conținutul ridicat în spori și grăuncioare de polen. În zonele cu *Taxodium,* unde aciditatea apei este mai scăzută, turba are 13% resturi organice*, pe cînd în zona cu *Juniperus* turba are 94% resturi organice, depuse într-un mediu mai acid.

Turbării analoage mai sînt cunoscute de-a lungul coastei atlantice nord-americane; unele sînt chiar mai întinse decît Dismal Swamp, cum ar fi mlaștina Okefinoke (din sudul statului Georgia), mlaștina Everglades (din Florida), a cărei suprafață atinge circa 20 000 km².

În afara acestor mlaștini atlantice americane care se dezvoltă într-un climat temperat, există și numeroase mlaștini în regiuni tropicale cu anumite particularități. Astfel, în unele regiuni din Sumatera, turbăriile pot să atingă 500 km², cu o grosime a turbei de 9 m. Acolo vegetația este foarte variată (de la predominant arborescentă pînă la erbacee).

Alături de mlaștinile mai sus amintite, dezvoltate în regiuni limnice (zone temperate sau tropicale), se cunosc mlaștini ce se dezvoltă pe seama unei vegetații tributare mediului marin. Acestea sînt formațiunile de mangrove, asociații vegetale susceptibile

* Adică bucăți vegetale puțin afectate de descompunerea bacteriană.

să dea naștere unor depozite de turbe. Mai importante sînt mangrovele care mărginesc coastele joase ale regiunilor intertropicale din nordul Noii Zeelande, Sri Lanka, Cuba, Florida etc. Condițiile de viață din mangrove, prin adaptarea la mediul imers, amintesc mai mult de arborii din mlaștinile împădurite. Condițiile formării turbei din vegetația de mangrove, ca și a vegetației comensale ei, sînt puțin cunoscute. Mediul marin trebuie să fi determinat o modificare importantă a microorganismelor cu rol în descompunerea resturilor vegetale (în procesul de turbificare). În plus, mareele care acționează în zonele mangrovelor produc o circulație de ape ce favorizează mai curînd putrezirea vegetalelor decît formarea turbei.

Mlaștina oligotrofă (tinovul) este mult mai puțin variabilă față de mlaștina eutrofă. Are o răspîndire limitată, un aspect particular și o floră săracă în specii. Formațiunile fitogeografice ale tinovului sînt printre cele mai rare. Condiția principală pentru formarea și dezvoltarea unei mlaștini oligotrofe este carența solului în substanțe minerale nutritive (de obicei, sub 0,03%) și mai ales în $CaCO_3$. De aceea tinovul apare și este întîlnit pe rocile silicioase (șisturi cristaline, roci vulcanice acide-neutre, gresii, aluviuni etc.), dar niciodată pe calcare (numai cînd peste calcarul respectiv s-a sedimentat un strat izolator de nisip sau de turbă eutrofă, ea însăși mult mai săracă în săruri decît solul originar).

Izolată de sol, adeseori chiar complet, flora tinovului este obligată să trăiască pe seama particulelor minerale aduse de vînt în mlaștină, dar mai ales a urmelor de materii nutritive care se găsesc în precipitații atmosferice. De aceea este nevoie de o mare cantitate de precipitații, pentru ca tinovul să poată ființa (în general, peste 600 mm anual); tot atît de

importantă însă este și repartizarea periodică a precipitațiilor, ca și umiditatea relativă a atmosferei. În buna dezvoltare a tinovului intervine, bineînțeles, și temperatura. Se știe, astfel, că frigul excesiv (din zonele polare și din ținuturile altitudinilor înalte) împiedică formarea mlaștinilor oligotrofe. Dar și mai nefavorabile sînt temperaturile înalte, chiar dacă ele coincid cu precipitații de proporții potrivite. Din acest motiv turbăriile oligotrofe lipsesc la tropice. Cele arătate ne explică de ce tinoavele (contrar mlaștinilor eutrofe) au o cantonare limitată, numai în anumite regiuni climatice ale globului. Patria tinovului este regiunea rece temperată din emisfera nordică (în special Europa boreală, inclusiv U.R.S.S.; America de Nord). În această regiune tinovul poate cobori pînă în zona litorală. Mai spre sud, tinovul se găsește sporadic pe dealuri și munți, avînd limita meridională în zona munților Pirinei, Balcani, Caucaz. În regiunea tropicală lipsește, pentru ca să reapară în regiunea extremă a Americii de Sud (Țara de Foc) și pe continentul australian (sub forme netipice).

Flora tinovului este compusă din plante oligotrofe, mai ales specii de *Sphagnum*, care prin felul său de viață, decide reacția chimismului, fizionomia și în general condițiile de viață ale tinovului. Astfel, în urma vegetării speciilor de *Sphagnum*, solul și apa mlaștinii devin foarte acide ($pH = 3,5—5$). Apar acizii humici sub formă coloidală, care colorează apa mlaștinii în brun de diferite nuanțe. Întreaga structură anatomică a *Sphagnum*-ului reprezintă o adaptare la absorbția apei (poate absorbi de 10—20 ori mai multă apă decît greutatea proprie). Ritmul de acumulare a apei și, deci, de creștere a sfagnetului este maxim la mijlocul său, atenuîndu-se spre margini. Din această cauză tinovul este

mult mai ridicat la mijloc (uneori cu mai mulți metri) decît la margini. Această bombare, sub formă de sticlă de ceasornic, rămîne caracterul morfologic cel mai de seamă al tinovului, de aici denumirea ce i s-a dat de „mlaștină înaltă“ (*Hoch-Moor*). În ansamblul sfagnetului se individualizează mii de „perini“ mărunte, așa încît suprafața tinovului poate să fie comparată cu cea a unei conopide coapte. În același timp însă, sfagnetul crește mereu și la periferia sa, de aceea tinovul (contrar mlaștinii eutrofe) se întinde permanent centrifug peste terenul originar neînmlăștinit din jur. În flora sfagnetului se găsesc specii de: *Sphagnum, Vaccinium, Drosera, Andromeda, Carex, Eriophorum* ș.a. Speciile de *Betula, Erica, Calluna, Vaccinium, Pinus, Picea* au porturi mai mult sau mai puțin pipernicite.

Zăcămîntul de turbă din tinov se edifică independent de apele de infiltrație, peste nivelul lor, de aceea este o „turbă-supraacvatică“ (în opoziție cu cea eutrofă „infraacvatică“). Turba de tinov este acidă (mai mult sau mai puțin aseptică), săracă în cenușă (în medie 2%) și mai ales practic lipsită de calcar. Turba de tinov, îndeosebi cea veche, este în general de cea mai bună calitate.

În România mlaștini eutrofe se cunosc în: Bazinul Crasnei, al Ciucului, Bazinul Gheorgheni, Depresiunea Bîrsei, Bazinul Oltului făgărășan, Bazinul Dornei etc. Mlaștini oligotrofe sînt cunoscute în Oaș-Maramureș, Munții Călimani, Bazinul superior al rîului Sebeș, regiunea Muntelui Semenic, în cursul superior al Someșului Rece și Cald etc.

b) *Noroaie bituminoase.* În unele lacuri sau chiar în anumite bazine marine, algele joacă un rol preponderent în alcătuirea planctonului. Ele pot forma adevărate aglomerări la suprafața apei, dezvoltîndu-se în așa mare cantitate încît duc la „înflorirea“ apei.

Încă în prima parte a secolului nostru, H. Potonié observa că pe fundul lacului Ahlbeck (de lîngă Szczecin — R. P. Polonă) există un depozit gros de 17 m, format pe seama acumulării planctonului bogat în alge. După moarte, microorganismele se depun pe fundul bazinului și, în timp, se amestecă cu alte resturi organice (plante superioare, nevertebrate acvatice, frunze, spori, polen etc.) și particule minerale (argile, nisipuri, calcare ș.a.) determinînd formarea noroiului bituminos. Acest nămol gras a fost numit de cercetătorul german mai sus amintit, *sapropel* (gr. *sapros* = putred, *pelon* = mîl, nămol), termen care ulterior avea să se extindă și asupra altor depozite mai puțin bogate în alge. Sapropelul, prin deshidratare, trece într-o masă solidă, închisă la culoare, numită *saprocol*. Astfel de depozite sapropelice au fost descrise și de Zalessky în lacul Balhaș — U.R.S.S., ele atingînd 5—9 m grosime. În alcătuirea depozitelor sapropelice actuale se remarcă participarea preponderentă a algei verzi *Botryococcus* (fig. 12).

Procesul sapropelizării a fost caracterizat ca fiind un fel de distilare lentă, în urma căreia se formează metan și, secundar, hidrogen, amoniac, hidrogen sulfurat etc. În timpul sapropelizării are loc, pe lîngă o îmbogățire în carbon, și o îmbogățire în azot, respectiv în substanțe grase.

Din punct de vedere chimic, sapropelul conține mai mult hidrogen decît turba, ca urmare a conținutului în ceruri al sporilor și polenului (aduși de vînt). O altă deosebire între turbă și sapropel este aceea că sapropelul are o reacție predominant reducătoare, iar turba o reacție oxidantă (de aceea, un obiect de fier ruginit introdus în sapropel pierde

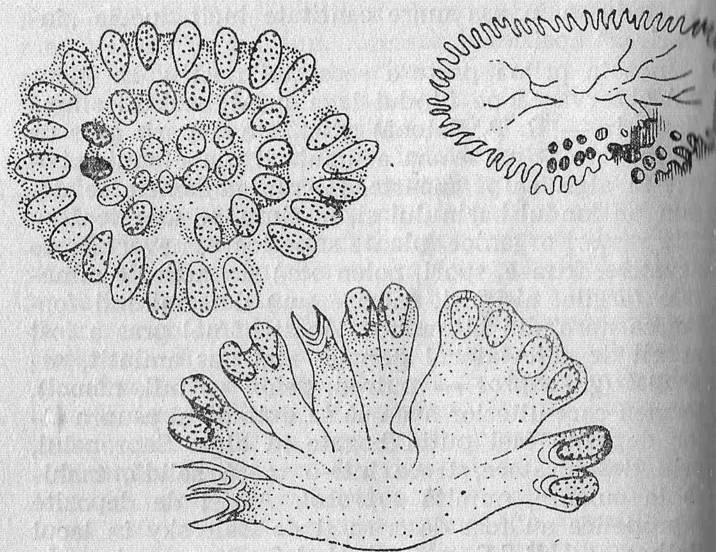


Fig. 12. Alga verde *Botryococcus;* tal colonial cu celule în formă de degetar, văzut lateral și de sus.

rugina, în schimb, în turbă, orice obiect de fier curat ruginește).

În unele lacuri și lagune din districtul Murray (Australia) se cunoaște un depozit sapropelic numit *coorogonit,* de culoare închisă (brun, gri-negru), gros de 1—30 cm. El provine din algele coloniale care năpădesc suprafața lacurilor din regiune. În fiecare an, în sezonul secetos, acestea se depun spre malurile iazurilor în strate cu grosimi diferite. Într-o etapă ulterioară, de deshidratare, materialul organic își schimbă culoarea verde într-una brună închis și se solidifică ca o masă elastică, unde alături de alge și alte resturi vegetale se mai găsesc diverse

animale, ca și fragmente nisipoase. Cea mai mare parte a acestui depozit organic (numit foarte sugestiv de unii „cauciuc australian" sau „bitumen elastic") este alcătuită din alga *Elaeophyton cooronglana* (considerată de unii cercetători drept o specie aparte de *Botryococcus).*

Ce știm în prezent despre botriococaceele ce participă majoritar la formarea acestor noroaie bituminoase? Familia amintită aparține algelor verzi (talofite) planctonice, microscopice. Mai bine cunoscută este alga colonială *Botryococcus braunii.* Fiecare colonie este formată dintr-un număr mai mare sau mai mic de celule dispuse radial, prinse într-o masă mucilaginoasă. Sistematicienii au constatat că această algă este extrem de polimorfă și o interpretează ca o „fosilă vie", căci persistă aproape neschimbată de la mijlocul erei paleozoice (din silurian) și pînă astăzi. Alga se remarcă prin conținutul ridicat de ulei (colorat de carotenoizi), care impregnează toată masa plantei. Cei care i-au studiat biologia au ajuns la concluzia că în urma unei insolații puternice și prelungite, acest ulei capătă o intensă tentă de roșu, devenind astfel un ecran protector pentru organism, contra acțiunii razelor solare. Înmulțindu-se cu o rapiditate extremă (fiecare celulă se divide în două, apoi în patru ș.a.m.d.) se ajunge ca oglinda lacului să fie invadată de aceste „flori de apă" pe suprafețe de mulți kilometri pătrați.

Înainte de a încheia acest capitol menționăm că studiile microscopice asupra cărbunilor bituminoși scot în evidență analogia care există între ei și depozitele sapropelice amintite. În ambele cazuri în aceste depozite se pot recunoaște părți mai mult sau mai puțin complete din talul algelor, poleno-spori și micelii de ciuperci.

II. CALCARE ORGANOGENE

Calcarele (lat. *calx, calcis* = piatră de var) sînt roci sedimentare formate exclusiv, ori în cea mai mare parte, din carbonat de calciu ($CaCO_3$) sub formă de calcit sau aragonit (mult mai rar)*. Pot fi pure sau impure, amestecate cu argile, silice, oxizi de fier, carbonat de magneziu, substanțe bituminoase etc. În funcție de conținut, ele pot avea culori diferite: de la alb (cînd sînt pure), la galben, roșcat, pînă la negru.

Am arătat în capitolul precedent că în multe din organismele vegetale și animale calciul (în special sub formă de carbonat) joacă un rol de seamă. Participă la constituirea scheletului unor animale (inferioare și superioare), cît și la edificarea talului unor alge (calcaroase). Se pare că adeseori rolul calciului în organisme crește paralel cu treapta de evoluție pe care se află, fiind în raport invers cu ponderea siliciului.

Unii oameni de știință susțin ipoteza potrivit căreia viața pe Pămînt, în perioada protoorganizării sale chimice, s-a bazat pe compușii siliciului — datorită „caracterului silicios" al mediului primar. Carbonul a intrat în structura chimică a protoorganismelor ca un rezultat al proceselor secundare, substituind siliciul. Sursa de carbon a constituit-o carbonatul de calciu, care a început să pătrundă în compoziția organismelor în calitate de component structural, concurînd în procesele de formare a scheletului cu siliciul. În evoluția materiei vii — arată susținătorii ipotezei — această concurență este ușor de urmărit căci unele protozoare și alge își construiesc scheletul din calciu, altele din siliciu. Pe măsură ce se trece la organisme superioare, importanța calciului crește, iar a siliciului, dimpotrivă, scade.

După părerea noastră, documentele paleontologice susțin că cele două elemente chimice (calciul și siliciul) au intrat în competiție aproximativ simultan. Așa ne putem explica cum în cele mai vechi depozite (din precambrian și apoi din paleozoicul inferior) se găsesc, alături de organisme primitive cu schelete calcaroase, și cele silicioase. Pe treptele organizării vieții, în perioadele geologice ce au urmat, cal-

---

* *Calcitul* este un carbonat natural, anhidru, de calciu, care cristalizează în sistemul romboedric (trigonal) în peste 2 000 de forme. Este incolor sau colorat diferit din cauza impurităților (magneziu, fier, mangan, zinc etc.). Este un mineral foarte comun, care alcătuiește aproape în întregime calcarele sedimentare, marmura, găsindu-se și în majoritatea filoanelor hidrotermale. Cristalele mari și limpezi de calcit, numite „spat de Islanda", se utilizează în industria optică. În țara noastră se întîlnește frecvent ca mineral de gangă în filoanele hidrotermale din Munții Maramureșului, Munții Metaliferi etc.

Aragonitul este carbonat natural de calciu, izomorf cu calcitul, de care se deosebește prin faptul că cristalizează în sistemul rombic. Are culori diferite (albă, albă-gălbuie, cenușie etc.), cu luciu sticlos. Se găsește ca mineral hidrotermal în golurile unor roci magmatice (de exemplu, în andezitele bazaltice din Munții Călimani), apoi ca mineral de precipitație în izvoarele termale bogate în carbonat de calciu (Băile Herculane), cît și în cochiliile moluștelor.

ciul s-a dovedit mai competitiv, fapt dovedit de ponderea importantă a acestui element (în raport cu siliciul, adeseori cotat ca element biofil minor).

1) Calcarele organogene de-a lungul timpurilor geologice

Din grupa calcarelor, cea mai importantă categorie este aceea a *calcarelor organogene**. Acestea sînt roci sedimentare ce conțin 75—90% $CaCO_3$, acumulate în bazine marine, lagunar-salmastre sau lacustre. Calcarele de acest tip se formează prin depunerea diferitelor resturi de organisme (plante și animale) în anumite zone ale bazinului de sedimentare, funcție de arealul ocupat de acestea. În urma îngropării în sedimentele marine, de regulă mîlurile calcaroase, resturile de organisme formează împreună cu sedimentele faciesul caracteristic (facies coraligen, facies algal etc.).

Geografic, zonele oceanice saturate în CO_2 și $CaCO_3$ sînt cele tropicale, unde temperaturile sînt ridicate, presiunea scăzută, viața fiind extrem de bogată atît în zonele mai puțin adînci populate cu plancton, cît și pe fundul acestor bazine (unde se află bentos). Arealul apelor suprasaturate în $CaCO_3$ este cuprins între 35° lat. nordică și 32° lat. sudică (fig. 13). Regiunile temperate și reci, dispuse de o parte și de alta a acestui brîu central, bogat în sedimente calcaroase, conțin mai puțin $CaCO_3$.

* Mai există calcare anorganice, ce rezultă în urma fenomenului de precipitare chimică în lacuri puțin adînci și mări (de exemplu, calcarele oolitice), precum și la gura izvoarelor carbonatate (aici se includ tufurile calcaroase și travertinele).

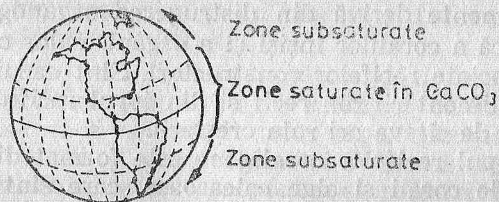


Fig. 13. Distribuția zonelor cu concentrații în $CaCO_3$, în cadrul Oceanului Planetar.

Calcarele organogene pot fi împărțite în: *calcare cu organisme întregi,* în care se includ calcarele recifale, rodolitele, bancurile calcaroase și *calcare cu resturi de organisme* ce cuprind lumașelele, calcarele granulare (calcarenite) și calcare microconglomeratice (calcirudite).

Reprezentanții tipici ai calcarelor organogene sînt *calcarele recifale,* constituite în mare parte din organismele ce formează recife, precum și din alte tipuri care trăiesc în asociație cu ele.

Recifele sînt structuri caracterizate printr-un potențial biologic susceptibil de a forma edificii calcaroase, cu grosimi variabile de la 1 000 m pînă la 3 000—4 000 m. Dacă în general, în prezent recifele sînt constituite din: alge calcaroase (25—50%), corali (10—35%), scoici de moluște (10—20%), foraminifere (3—15%) etc., în timpurile geologice compoziția lor a suferit importante schimbări de ordin cantitativ. De exemplu, recifele precambriene erau alcătuite exclusiv din alge calcaroase (Stromatolite), cele din paleozoicul inferior din alge calcaroase verzi și albastre, arheociatide, tetracorali, briozoare, brahiopode și alte organisme.

Procesul de creștere al recifului controlează acumularea sedimentelor în și în jurul recifului. Aces-

te sedimente derivă din distrugerea organogenă și mecanică a coralilor înșiși și a organismelor coraliofile, asociate recifelor constructori. Sînt cazuri cînd rata sedimentării din recif și din jurul recifului depășește de cîteva ori rata creșterii.

Biotopul recifelor coraligene este format dintr-un facies de corali și alge calcaroase, care sînt dominante atît ca număr cît și ca volum. În cadrul unui biotop recifal se disting asociații caracteristice floristice și faunistice, ce determină „nișele ecologice". Asociațiile ecologice sînt reprezentate prin organisme sedentare, de epifaună și epifloră (organisme ce trăiesc fixate pe alte organisme), organisme comensale, simbionte și parazite. La acestea se adaugă fauna mobilă și organismele nectonice.

Activitatea algelor (verzi și roșii) în cadrul unui recif este cunoscută de mult și are o importanță majoră în menținerea echilibrului metabolic din recif. În cadrul recifului s-a constatat prezența unei competiții între anumite specii de corali, care tind să devină dominanți și alte specii care devin dominate.

Tipurile de corali cu creștere foliacee, rămuroase sau sub formă de cruste tind să înlocuiască coralii de formă masivă sau nodulară. O anumită specie din recif ce formează o nișă ecologică se poate extinde și asupra alteia, uneori acoperind-o, pentru a o domina în final.

Din punct de vedere biologic și fizic, recifele sînt structuri complexe ce se datoresc unei balanțe aproape echilibrate de forțe constructive și distructive. Forțele constructive sînt organismele care produc scheletele calcaroase, întîlnite în calcare (corali, alge calcaroase, foraminifere, moluște). Aceste schelete sînt consolidate prin cimentarea cu $CaCO_3$ precipitat din apa mării sau prin umplerea cavităților

lor dintre corali și alge cu blocuri și fragmente, din însăși structura recifului.

Forțele distructive au tendința de a rupe structura recifului (corali, alge, moluște) ca urmare a valurilor și a activității unor alge, spongieri, moluște, viermi. Tot acest material distrus din structura recifului este transportat și redistribuit, prin curenții marini, în crevase, în golurile dintre corali, pe taluzul recifal dinspre mare, sau pe taluzul lagunei sub forma unui sediment cu granule nisipoase și mîloase.

Formarea excesivă a depozitelor granular-nisipoase poate duce la distrugerea unor părți din recif.

Fiind vorba de formațiuni nestratificate, construite de organisme recifale, fixate, în superpoziție, în funcție de morfologia acumulărilor se folosesc termenii de *bioherm* și de *biostrom*.

În primul caz edificarea masei recifale are loc pe verticală, masa biohermală avînd aspectul unor „blocuri" masive de calcare, de regulă nestratificate încorporate în calcare mai mult sau mai puțin egal stratificate (fig. 14). În al doilea caz edificarea acestor construcții recifale are o extindere orizontală de formă lenticulară (fig. 15).

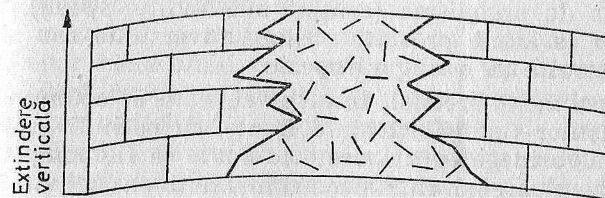


Fig. 14. Secțiune printr-un bioherm.

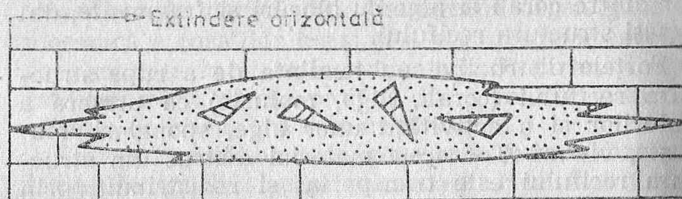


Fig. 15. Secţiune printr-un biostrom.

Recifele actuale din regiunile intertropicale sînt în majoritatea cazurilor bioherme.

Biohermele fosile apar mai puţin dezvoltate ca întindere, fiind în mare parte erodate ca urmare a procesului de demantelare sau distrugere. În schimb biostromele, formaţiuni cu extindere orizontală, pot atinge grosimi importante datorită fazelor de acumulare intensă.

În timpurile paleozoice şi mezozoice, tetracoralierii (coralii rugoşi) şi hexacoralierii (coralii hermatipici) au construit formaţiuni cu grosimi de mii de metri.

Există bioherme şi biostrome care nu sînt edificate de corali, ci de alte organisme, cum ar fi: alge calcaroase, spongieri, briozoare şi moluşte. Unele sînt foarte variate din punctul de vedere al asociaţiilor de organisme (conţin mai multe specii), în timp ce altele prezintă o slabă diversitate sau sînt construite de o singură specie.

Fenomenul recifal, biostromal, datorat acumulării rudiştilor (lamelibranhiate fixate, cu cochilii groase şi valve inegale), din cretacic poate să fie comparat ca amploare şi rată de sedimentare cu activitatea hexacoralierilor din mezozoic (triasic mediu şi superior şi jurasic mediu şi superior), sau a altor organisme constructoare, cum sînt hidrozoarele şi algele calcaroase. În anumite epoci ale cretacicului nu se constată legături reale, comunitare, între rudişti şi hexacoralieri, ci mai degrabă se poate vorbi de o concurenţă între aceste organisme constructoare, sau mai bine zis de o alternanţă între aceste grupe de organisme, rolul esenţial avîndu-l factorii edafici, şi mai ales calitatea substratului.

Geologic vorbind, primele formaţiuni ce apar în cambrian sînt nişte formaţiuni biostromale constituite predominant din structuri stromatolitice elaborate de algele albastre şi din Archaeociatide, grupe de trecere între spongieri şi corali. Abia în silurianul superior apar construcţii recifale adevărate, datorate tetracoralierilor şi tabulaţilor, alături de care se găsesc şi alge albastre, alge roşii şi hidrozoare.

În R. S. România asemenea formaţiuni biostromale se cunosc în devonianul din nordul Dobrogei, din Dealul Bujoarele în apropierea comunei Turcoaia, jud. Tulcea. Aici formaţiunile biostromale sînt construite în mod predominant de briozoare (Fenestelidae), alături de care apar frecvent şi acumulări lumaşelice de brahiopode *(Spirifer, Chonetes, Orthis)*, moluşte *(Tentaculites)*. Asociat structurilor biohermale din acest areal apar şi structuri laminitice, probabil stromatolite.

În mezozoic, şi anume începînd cu triasicul mediu, apar hexacoralii care par a fi de tip hermatipic, adică conţin în ţesutul lor alge simbionte de tipul zooxantelelor. Grupe importante de corali hermatipici, întîlnite în triasicul mediu şi superior sînt: Astrocoenitidae, Thamnastreidae şi Stylinidae. Multe dintre aceste familii au descendenţi care trăiesc şi astăzi în oceanele Pacific şi Indian.

În triasicul mediu (Ladinian) din Pădurea Craiului (Munții Apuseni) se cunosc formațiuni recifale biohermale formate din spongieri calcaroși de tip Sphinctozoa, corali și organisme microproblematice de tip *Ladinella*. În calcarele de tip *Wetterstein*, de regulă deschise la culoare, au fost semnalate nivele stromatolitice elaborate de algele albastre, precum și creste algale construite de alge roşii de tipul Solenoporaceelor. Grosimea acestor calcare este redusă, de numai 50 pînă la 150 m. Calcarele prezintă o diversitate specifică avansată la nivelul ladinianului şi mai puţin la nivelul carnianului. O altă regiune interesantă din acest punct de vedere este zona Platoului Vaşcău (Munţii Codru Moma). În această regiune, depozitele din triasicul mediu (anisian) au o grosime de cîteva sute de metri. Calcarele din această zonă s-au depus într-o mare lagună recifală, unde se dezvoltau preponderent alge verzi din fam. Dasycladacaee, în special genurile *Oligoporella, Physoporella, Macroporella* și acumulări de tip *patch-reefs* constituite din algele albastre de tip *Tubiphytes* (fig. 16).

Pe lîngă cele trei forme morfologice fundamentale de recife pe care le-am descris în primul capitol, mai există aşa-numitele recife de *platformă* sau *patch-reefs*. Aceste recife au forme elipsoidale fiind prevăzute cu versante în trepte, tipice pentru zone puţin adînci de platformă şi cu sedimentare preponderent carbonatată. În asemenea areale presărate cu recife algale sau coraligene s-au acumulat intens algele verzi dasicladacee formînd intercalații numeroase cu grosimi variabile între 10 pînă la 40 cm. De asemenea şi calcarele recifale din triasicul superior din regiunea sus-amintită ating grosimi de 300—400 m. Sînt reprezentate mai ales prin calcare cenuşii şi albe bogate în organisme, în special hexa-

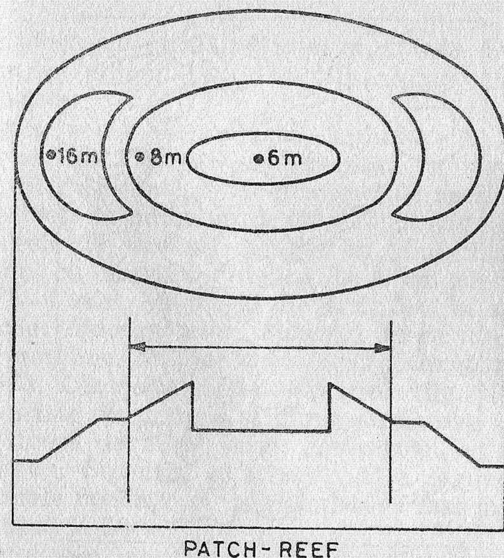


Fig. 16. Recif platformă (tip *patch-reef*), văzut de sus şi din profil.

coralieri, spongieri calcaroși, lamelibranhiate și organisme microproblematice de tip *Ladinella*. Hexacoralierii formează în special structuri de tip *patch-reefs* acoperite uneori de creste calcaroase microstratificate determinate de algele roșii solenoporacee.

În jurasicul mediu (bajocian — bathonian) recifele erau construite de hexacorali globuloşi, masivi şi mai rar rămuroşi. Un exemplu elocvent pentru jurasicul superior este platforma carbonatată din Munții Hăşmaş (Carpații Orientali) presărată cu recife de tip barieră și *patch-reefs*. La

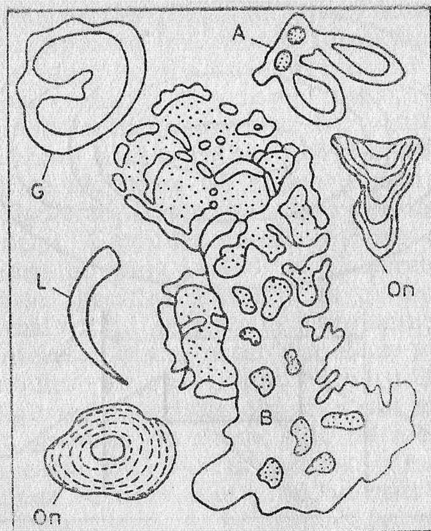


Fig. 17. Secțiune printr-un calcar recifal cu *Barroisia*, întîlnit în jurasicul superior din Cheile Bicazului (Carpații Orientali) (B. *Barroisia* — spongier; A. *Actinoporella* — dasicladacee; G. — gasteropode; L. — lamelibranhiate; On. — oncolite).

aceste structuri biohermale, mai ales în zonele perirecifale se constată prezența acumulărilor biostromale formate din moluște. În general, recifele sînt construite din hexacoralieri, cît și din spongieri calcaroși de tip *Barroisia* (fig. 17). De asemenea, predominante sînt și structurile de *patch-reefs* formate în special din hidrozoare (*Actinostromaria*, *Parastromatopora*, *Cladocoropsis*). La anumite nivele, biostromele au formă lenticulară atingînd pînă la 50—100 m lungime pe grosimi metrice. Acestea sînt formate din gasteropode conice de tip *Nerinea*, *Itieria*, *Tylostoma* sau din lamelibranhiate. Structurile construite numai din lamelibranhiate sînt puțin dezvoltate.

Algele verzi dasicladacee întîlnite în jurasciul superior din Hășmaș se dezvoltau în lagune mici sau „bălți", plasate între construcțiile recifale de tip *patch-reefs* la adîncimi de 10—15 m (fig. 18). Dasicladaceele din această regiune au talul cilindric sau tubular, cu lungimi de pînă la 1 cm și diametrul de 0,2—4 mm. Merită să fie amintite în acest sens genurile: *Macroporella*, cu talul mare de pînă la 1 cm lungime, *Salpingoporella*, *Cylindroporella*, *Cymopolia*, *Likanella* și *Actinoporella* (fig. 19), cu taluri variate morfologic și dimensiuni ceva mai mici. Alte tipuri de alge verzi, codiaceele cu genurile *Halimeda*, *Boueina*, se dezvoltau în lagune sau pe versantele recifelor la adîncimi ceva mai mari ajungînd pînă la 50 m.

În cretacic, construcțiile recifale sînt prezente atît în cretacicul inferior, cît și în cretacicul superior. Dintre coralii hermatipici ce apar acum menționăm fam.: Acroporidae, Agariciidae, Fungiidae, Poritidae și Meandridae.

Trecînd în revistă structurile coraligene construite, se poate conchide că două grupe de organisme au un rol important în edificarea recifelor: coralii hermatipici (scleractinizii) și algele calcaroase.

O serie de alte grupe de organisme (moluște, crustacee, echinoderme), libere sau fixate, prin cochiile lor, pot participa sau nu la edificarea complexului recifal și au o importanță relativă. La grupele menționate deja se pot adăuga alcionarii (celenterate exclusiv marine, coloniale), foraminiferele cu structură camerală internă, spongierii, algele roșii și verzi.

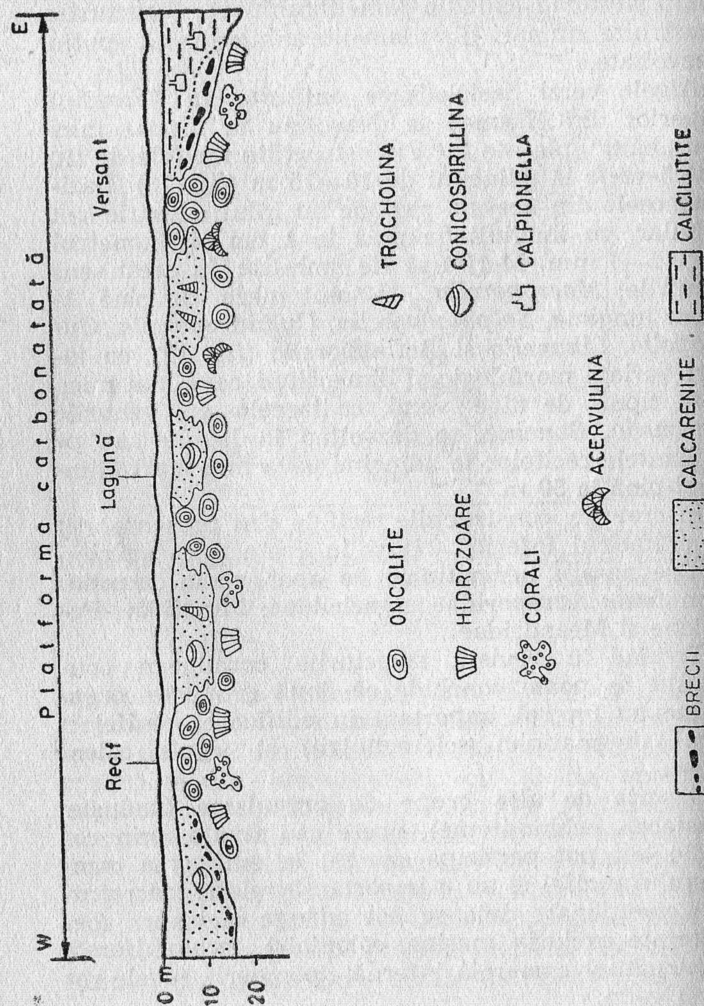


Fig. 18. Reconstituirea schematică a platformei carbonatate jurasice din regiunea Cheile Bicazului (Carpații Orientali).

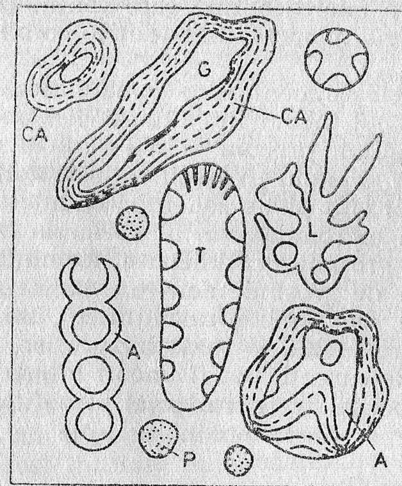


Fig. 19. Secțiune printr-un calcar cu alge verzi dasicladacee de vîrstă jurasic superior întîlnit în regiunea Cheile Bicazului (T. — *Trocholina;* L. — *Likanella;* A. — *Actinoporella;* CA. — cruste algale; P. — pelete; G. — Gasteropode).

S-a constatat că diferitele grupe de alge calcaroase, asociate de regulă complexelor recifale, ocupă anumite zone sau areale în cadrul bazinului de sedimentare. Astfel, în apropierea țărmului, în lacurile sau bălțile izolate de mare se depun calcare fine micritice sau Characeae. Tot în apropierea țărmului, în zona supramareică, spălată intermitent de apele mării, apar structurile biosedimentare cu oncolite și stromatolite (alge albastre). Dasicladaceele și codiaceele (alge verzi) se dezvoltă în lagune, bazine cu ape permanent proaspete. În regiunea recifului propriu-zis, algele roșii formează creste algale. În zona deschisă dinspre mare sau în domeniul bazinal se

depun calcare micritice fine care conțin preponderent organisme planctonice de tip cocolitoforidee (fig. 20).

Structuri biosedimentare stromatolitice se întîlnesc în triasicul mediu din Munții Perșani, Munții Pădurea Craiului, precum și în triasicul mediu și superior din Platoul Vașcău. Stromatolitele din aceste regiuni sînt plane sau ușor ondulate, fapt ce indică slabul hidrodinamism al apelor la flux și reflux. Ating grosimi centimetrice formînd bancuri reper uneori de grosimi metrice. Aceste structuri sînt formate din lamine calcilutitice*, milimetrice. Laminele care includ și material grosier, rupt sau sedimentat de curenți, pot fi uneori întrerupte fiind ulterior acoperite de filmul algal cianofitic ce continuă creșterea. Între laminele rupte se întîlnesc

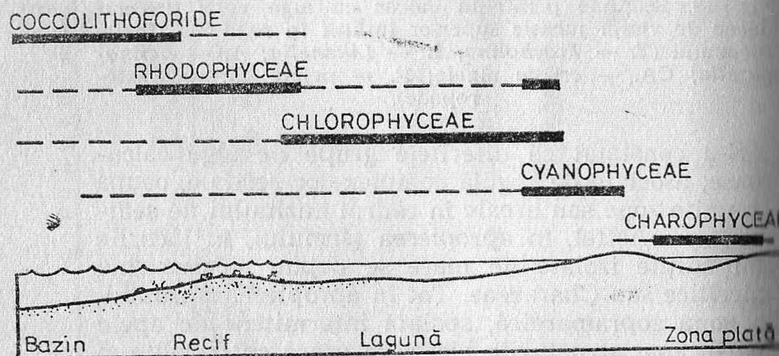


Fig. 20. Distribuția diferitelor grupe de alge în cadrul unui bazin de sedimentare.

* Lamine calcilutitice = structuri microstratificate, formate din material fin micritic sau din mîluri pelitice.

resturi de moluște, echinoderme, lamelibranhiate, briozoare și brahiopode.

În jurasicul superior din Munții Hășmaș și din Dobrogea centrală se întîlnesc de asemenea structuri stromatolitice, plane sau ușor ondulate. Au lamine variabile ca grosime și conțin material detritic, cuarț, fragmente de echinoderme și brahiopode cu pelicule de oxizi de fier, fapt ce denotă biotopul restrictiv, de mică adîncime. Din această cauză, uneori stromatolitele prezintă structuri poligonale sau subpoligonale sub formă de crăpături umplute cu material fin lutitic. Aceste structuri indică condiții de uscăciune și faze de expunere subaeriană a sedimentelor.

Rodolitele sînt structuri algale de formă nodulară, formate din alge roșii coralinacee. Asemenea structuri au fost întîlnite în formațiunile calcaroase din apropierea orașului Hunedoara. Depozitele calcaroase sînt de vîrstă miocenă și conțin noduli algali, sferoidali, elipsoidali sau rodolite cu structuri multistratificate, concentrice și laminare. Structurile cu cruste concentrice se află în partea centrală a rodolitului devenind spre exterior rămuroase sau columnare. Aceste structuri nodulare — concentrice erau formate din cruste alternative de *Lithophyllum ramoisissimum* și *Lithoporella melobesioides*. În schimb, structurile columnare erau elaborate de alga *Mesophyllum melobesioides*. Rodolitele din această regiune au diametre între 2 și 6 cm (fig. 21). Tipurile laminare, de regulă nodulare, sînt structuri mobile, mișcate de valuri și răsturnate continuu pe fundurile nisipoase, în timp ce structurile columnare sînt temporar imobile și au forme neregulate. Rodolitele pot determina recife mici de dimensiuni metrice. Ele indică adîncimi mici între 0 și 3 m

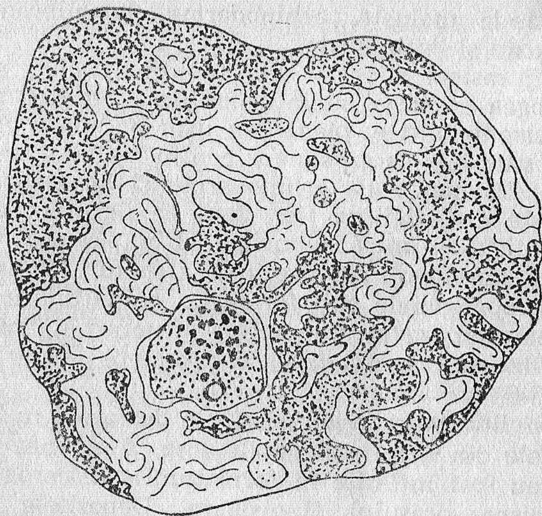


Fig. 21. Secțiune printr-un nodul algal format din alge roșii Corallinaceae (rodolite).

ajungînd uneori pînă la 50 m. Aceste structuri se asociază cu lamelibranhiate ce aveau cochilia groasă (Ostreidae), foraminifere bentonice, calcaroase de tip *Heterostegina,* briozoare și detritus de organisme asemănătoare nisipurilor de plajă.

Bancurile calcaroase sînt reprezentate prin calcare cu resturi de organisme care nu au un potențial biologic susceptibil de a forma recife. Asemenea depozite se plasează în jurul recifelor, fiind considerate din acest punct de vedere ca depozite pararecifale. Au o granoclasare variată, în sensul că resturile de organisme pot fi uneori rupte, triturate sau fragmentate.

Depozite sub formă de bancuri calcaroase se cunosc în cretacicul inferior din sudul Dobrogei. Au grosimi variabile, de la 1 la 2 m și conțin resturi de spongieri, briozoare, lamelibranhiate și gasteropode. Cîteodată unele bancuri sînt formate din resturi scheletice de crinoidee (plăci din caliciu, articole din peduncul), care atunci cînd se întîlnesc în mod predominant alcătuiesc *calcare cu entroce* (răspîndite în devonianul mediu și carboniferul inferior din Europa și America de Nord). În România se cunosc în triasic cît și în jurasicul mediu. Nu totdeauna bancurile calcaroase ating grosimi mari. Acumulările de grosimi mai importante sînt funcție directă a denivelărilor fundului și mai ales a forței de transport a curenților. Curenții cu sarcină ridicată de transport aduc fragmentele de organisme de la distanțe destul de mari, fiind depuse acolo unde relieful fundului prezintă depresiuni mai mult sau mai puțin adînci.

Asemenea depozite cu grosimi în jur de 10 m se cunosc în regiunea Cheile Bicazului. Calcarele din această regiune, datînd din jurasicul superior, sînt constituite din hidrozoare, spongieri calcaroși, alge și foraminifere bentonice. Unele bancuri calcaroase sînt formate mai ales din noduli algali oncolitici produși de algele albastre. Majoritatea regiunilor calcaroase din mezozoic (Rarău, Tulgheș, Hășmaș, Bucegi, Vînturarița (jud. Vîlcea), Vîlcan, Trascău, Pădurea Craiului, Vașcău), precum și cele din terțiar (depresiunea Transilvaniei) includ în secvențele calcaroase și intercalații de bancuri calcaroase.

Calitativ, bancurile calcaroase sînt destul de pure. Procentele în $CaCO_3$ variază între 85 și 90%. Sînt cazuri cînd aceste bancuri conțin și fracțiuni minerale destul de importante, în special cuarț detritic, care scade calitatea utilizării industriale a acestora.

Lumașelele sînt depozite constituite din resturi de organisme aglomerate, dar sudate și fixate între ele prin ciment calcaros. Lumașelul poate fi monospecific, cînd este format dintr-o singură specie, sau polispecific, cînd la formarea lui concură mai multe specii din același grup de organisme sau din grupe diferite. De regulă, aceste formațiuni nu ating grosimi mari, sînt dispuse în bancuri metrice, care pot fi și nivele reper în cadrul unor secvențe calcaroase.

Calcarele lumașelice se întîlnesc în aproape toate perioadele geologice. În Munții Bucegi și Hășmaș, în secvențe greso-calcaroase din jurasicul mediu și jurasicul superior, se întîlnesc lumașele în bancuri metrice constituite numai din brahiopode (Rhynchonelidae și Terebratulidae). Lumașelele au culori diferite: cele din Munții Bucegi sînt de culoare cenușie închisă pînă la negru, pe cînd cele din Munții Hășmaș sînt roșii. Alături de brahiopode, rareori se mai întîlnesc lamelibranhiate și corali.

Depozite lumașelice se cunosc în triasicul inferior din Munții Perșani (depozite cu *Myophoria*), în triasicul superior din Platoul Vașcău (depozite cu Megalodonte), în jurasicul superior din Carpați (lumașele cu lamelibranhiate, gasteropode și chiar amoniți), iar în cretacicul inferior, lumașele formate din lamelibranhiate (pachiodonte) mari, cu cochilie groasă de tip *Toucasia* și *Requienia*. În cretacicul superior, lumașelele conțin lamelibranhiate mari, cu cochilie conică, lungi de pînă la 10—20 cm, de tip *Hippurites* și *Radiolarites*, cum sînt cele din bazinul Roșia (Munții Apuseni).

Formațiunile terțiare, în special cele din eocen și oligocen, conțin și nivele lumașelice formate din lamelibranhiate, gasteropode și rareori echinide.

Prin forma curioasă a organismelor fosile, dar mai ales prin culoarea lor de la roșu-cărămiziu pînă

la negru închis, calcarele lumașelice sînt utilizate ca roci ornamentale, pentru placarea diferitelor construcții monumentale.

2) Calcarele organogene — sursă de materii prime

Nu putem încheia acest capitol fără să arătăm pe scurt importanța calcarelor organogene pentru anumite sectoare industriale.

Datorită conținutului ridicat în $CaCO_3$, variabil între 80 și 96%, calcarele organogene se folosesc în industria metalurgică, chimică, a cimentului, a sticlei și în variate lucrări de construcții.

În metalurgie calcarele sînt utilizate ca fondant în vederea trecerii minereului în metal, prin purificarea acestuia de zgură. Calcarele organogene furnizează materia primă și pentru fabricarea varului. În industria chimică, prin arderea calcarelor organogene, se obține carbura de calciu și soda caustică.

Industria sticlei beneficiază, de asemenea, de calcare. Calcarul introdus în șarjă determină rezistența sticlei la agenții chimici.

De asemenea, calcarul este un mediu bun de rafinare, din care cauză se utilizează, de exemplu, la obținerea sucurilor de sfeclă.

Calcarul organogen ocupă un rol primordial în industria construcțiilor, mai ales ca sursă de obținere a cimentului.

Unele calcare, zise marmoreene, care au culori și nuanțe diferite, prin prelucrare și lustruire, sînt utilizate pe larg la placarea în interior sau la exterior, a unor clădiri monumentale, prin dale, plinte

* Pelete — granule formate din $CaCO_3$ microcristalin (micrit) de formă sferică sau elipsoidală.

și glafuri. Dintre calcarele utilizate la asemenea lucrări amintim pe cele din zăcămîntul de la Moneasa (județul Arad), exploatat de multă vreme, constituit din calcare negre triasice exploatate în prezent în cariera din Dealul Pietros. Mai amintim calcarele brecioase, de culoare roșie, cu belemniți, de vîrstă liasică, exploatate în cariera de la Moneasa-Băi. Aceste calcare, roșii sau negre, au fost utilizate la placarea interioară a holurilor din sala Palatului R. S. România, cît și la alte clădiri monumentale (Teatrul Național).

Calcarele organogene din zăcămîntul de la Albești, din apropierea orașului Cîmpulung Muscel (județul Argeș), sînt formate în majoritate din numuliți (foraminifere). Calcarele sînt de vîrstă eocenă și au grosimi destul de mari, fiind dispuse în bancuri masive, metrice. Datorită compoziției organogene (micro- și macroforaminifere), se pot prelucra foarte ușor, fiind utilizate pentru lucrări monumentale de prestigiu. Pe lîngă foraminifere, în dalele șlefuite se pot observa resturi de cochilii de lamelibranhiate, brahiopode și echinide de talie mare. Aceste calcare au fost folosite la ridicarea unor monumente de valoare istorică și arhitectonică. Dintre lucrările de prestigiu menționăm: Mănăstirea Curtea de Argeș, Arcul de Triumf, Ateneul Român, Universitatea București și scuarul din fața Teatrului Național din București.

Zăcăminte de calcare organogene exploatate pentru industria cimentului, a varului și pentru industria chimică se cunosc în multe regiuni din România. Cele mai importante zone cu cariere de calcare în exploatare sînt: zona Bratca (jud. Bihor), Vadul Crișului (jud. Bihor) și Dealul Melcilor la intrarea în orașul Brașov, pe stînga cînd vii dinspre București (calcare de vîrstă triasică), zona Mateiaș (jud.

Argeș), zona Bicăjel — Ghilcoș (jud. Neamț și Harghita), zona Cheile Bicazului — Șugău (jud. Neamț), zona Turda (jud. Cluj) — toate cu zăcăminte de calcare de vîrstă jurasică — și zona Cernavodă—Medgidia (jud. Constanța), cu calcare de vîrstă cretacică. Aceste zăcăminte de calcare aflate în exploatare conțin între 86 și 97% $CaCO_3$.

III. ROCI SILICIOASE DE ORIGINE ORGANICĂ

Rocile silicioase — la fel ca și cele calcaroase, prezentate în capitolul anterior — pot să aibă o origine biogenă sau abiogenă, și au o răspîndire importantă la suprafața scoarței terestre. Problema concentrării siliciului și a precipitării lui nu este îndeajuns de clarificată, dar toți cercetătorii sînt de acord că acest fenomen se produce și pe cale biogenă. Dealtfel, descifrarea ciclului geologic al siliciului, cu toate implicațiile sale adiacente, preocupă de mult timp pe numeroși specialiști, adunîndu-se numeroase ipoteze. După cum se sublinia într-o monografie recentă, se pare că numărul de ipoteze este invers proporțional cu claritatea problemei!

Sursa principală de acid silicic, necesar formării rocilor silicioase, o constituie procesele de alterare chimică. Dar, uneori, acidul silicic ajunge în bazinele acvatice (marine sau lacustre) și prin intermediul erupțiilor vulcanice, ori prin dezagregarea subacvatică a diferitelor produse ale activității vulcanice (cenușă, sticlă vulcanică, lave). Acest de pe urmă aspect este atestat de legătura reciprocă dintre unele complexe silicioase și vulcanogene.

Depunerea acidului silicic, care de obicei a fost adus în bazinele sedimentare sub formă de soluții

coloidale, poate avea loc pe două căi: chimică (ca rezultat al coagulării acestor soluții) și biogenă (prin intermediul organismelor vegetale și animale ce le folosesc pentru formarea cochiliilor, spiculilor etc.). Acest din urmă aspect ne interesează și-l vom aborda mai pe larg în paginile următoare. La scara istoriei Pămîntului, raportul dintre cele două procese s-a schimbat considerabil. Astfel, în precambrian a predominat într-o proporție aproape absolută formarea de roci silicioase pe cale chimică, pentru ca mai tîrziu precipitarea biogenă a rocilor silicioase să devină din ce în ce mai importantă. În ultima eră, în neozoic, rocile silicioase de natură organogenă au ajuns să predomine în ansamblul rocilor silicioase formate. De foarte multe ori însă rocile silicioase sînt rezultatul îmbinării complexe a proceselor anorganice și organice de precipitare, complementate de fenomene dia- și epigenetice*.

Compoziția mineralogică, chimică și principalele tipuri de roci silicioase. În general, rocile silicioase sînt constituite din acid silicic reprezentat prin opal și calcedonie (cîteodată și din rare granule detritice de cuarț).

Opalul ($SiO_2 \cdot nH_2O$), este o varietate de cuarț (SiO_2) amorf, cu un conținut foarte variabil de apă (1—5% sau chiar 20%) deci este un hidrogel de siliciu. Opalul, ca și calcedonia, se poate forma ca

---

* *Diageneza* (gr. *dia* = prin, *genesis* = naștere, apariție) se referă la totalitatea transformărilor fizice, chimice, mineralogice, de structură și textură, pe care le suferă sedimentele depuse la temperatura și presiunea de la suprafața Pămîntului, după ce au pierdut legătura cu mediul în care s-au format și pînă la forma lor actuală, definitivă, ca rocă. *Epigeneza* (gr. *epi* = deasupra) este procesul de depunere a unor minerale după formarea rocilor în care sînt cuprinse.

rezultat al proceselor chimice sau pe cale biogenă. În natură se găsește sub forme diferite (mase compacte, omogene sau concreționare etc.). Este componentul principal al scheletelor unor organisme (alcătuiește frustula diatomeelor, spiculii spongierilor silicioși, scheletele radiolarilor etc.).

Cel mai adesea, datorită impurităților, opalul apare colorat în diferite nuanțe: alb, galben, negru etc. Luciul este sticlos sau mat. Are duritatea de 5—5,5 și greutatea specifică de 1,9—2,5.

Opalul poate înlocui substanța organică din trunchiurile și ramurile arborilor fosili, păstrînd perfect toate amănuntele structurale. Aceste *lemne opalizate* sînt de obicei de culoare galbenă, alb-lăptoasă, brună sau neagră, într-o varietate infinită de culori. La noi în țară, îndeosebi în terenuri terțiare, s-au conservat foarte frumoase lemne opalizate de diferite culori: alb-lăptoase, cu nuanțe galbene, în mai multe localități din împrejurimile orașului Brad (de exemplu, la Prăvăleni (jud. Hunedoara), negre (Almașul Mare — Zlatna, jud. Alba), galbene-aurii, uneori cu nuanțe roșii (Toplița, jud. Harghita) ș.a.m.d.

Calcedonia este o formă intermediară, criptocristalină (gr. *kryptos* = ascuns), între opal și cuarț. Spre deosebire de cuarț, posedă o cantitate oarecare de apă, dar totdeauna mai puțin decît în opal. La microscop se poate observa o structură fibroasă, datorată unor „fibre minerale“ foarte fine, de aceeași natură cu cuarțul. Deși în raze X calcedonia are aceeași diagramă ca și cuarțul totuși proprietățile sale fizice și chimice sînt diferențiate, densitatea și indicii de refracție sînt mai mici ca cei de la cuarț, iar analiza chimică arată prezența unei cantități de 1—2% apă; de aceea specialiștii apreciază că ea ar reprezenta un „cuarț microporos“, ai căror pori sînt umpluți cu apă.

În natură, prin pierderea apei, se constată o trecere gradată de la opal la calcedonie și de la aceasta la cuarț. Adeseori, într-o singură rocă se pot întîlni cele trei minerale (opal-calcedonie-cuarț), avînd aceeași origine sau origini diferite.

Calcedonia are aceeași duritate (7) și greutate specifică (2,5—2,8) ca și cuarțul. Poate să prezinte cele mai diverse culori și adeseori apare sub forma unor cercuri concentrice, datorate depunerilor ritmice din soluțiile de origine a unei silice în care adaosurile străine s-au fixat diferențiat. Calcedoniile cenușii, negre sau albăstrui sînt numite *safirin*, cele de culoare verde poartă numele de *crisopraz*, iar cînd pe acest verde există pete roșii de oxizi de fier, piatra se cheamă *heliotrop*. Calcedoniile capătă numele de *agat* cînd au o structură fin zonată cu tente de culori vii, nuanțate și contrastante; cînd aceste benzi sînt dominate de alb, piatra semiprețioasă este numită *onix*. La noi în țară se găsesc agate și onixuri pe Valea Techerăului (Munții Metaliferi) și la Trestia (jud. Maramureș).

La formarea rocilor silicioase organogene participă, după cum am amintit, diatomeele, silicoflagelatele, radiolarii, spongierii silicioși și alte microorganisme. În anumite tipuri de roci (diatomite, radiolarite, spongolite) resturile organice predomină, pe cînd în altele, urmele organismelor străvechi abia se mai pot sesiza (jaspuri, silexuri, diferite șisturi silicioase). În unele șisturi silicioase se observă adeseori adaosuri importante de substanță organică ce imprimă rocii o culoare neagră. De cele mai multe ori, rocile silicioase mai conțin fracțiuni de argile, nisipuri, diferiți oxizi metalici, carbonați, sulfuri etc.

Datele din literatură arată o participare, variabilă a componenților chimici, în cazul diferitelor tipuri de roci silicioase organogene. Astfel, *diatomitele* conțin: 55—95% SiO_2; 0,02—0,5% TiO_2; 0,1—10% Al_2O_3; 0,2—5,2% Fe_2O_3; 0,4—6,0% CaO; 0,1—1,7% MgO; *jaspurile* conțin: 67—87% SiO_2; 5,5—7,2% Al_2O_3; 2,2—3% Fe_2O_3; 0,5—2,3% CaO; 0,5% MgO ș.a.m.d.

Din cadrul rocilor silicioase organogene amintim ca fiind mai răspîndite: diatomitele, radiolaritele, spongolitele și accidentele silicioase.

Diatomitele sînt roci sedimentare organogene silicioase, alcătuite în cea mai mare parte (70—80% din volumul rocii) din frustule de diatomee, prinse într-o masă de opal și, subordonat, din granule minerale de origine terigenă (argile, calcare, oxizi de fier și de aluminiu etc.).

Macroscopic, diatomitul se prezintă ca o rocă foarte ușoară, cu o porozitate mare (de peste 9%), de culoare albă sau galbenă, moale (scrie pe tablă) și aderentă.

Diatomitul se întrebuințează ca material izolant, ca abraziv, ca filtrant în industria alimentară, în industria petrolului (la deparafinarea, albirea și regenerarea uleiurilor minerale), în industria textilă, cosmetică ș.a.m.d.

Cele mai importante zăcăminte de diatomit de la noi din țară se găsesc la: Minișul de Sus (jud. Arad), Pătîrlagele (jud. Buzău), Adamclisi, Hațeg, Dumbrăveni (jud. Constanța), Odoreu (jud. Satu Mare) — toate în formațiuni neogene.

Radiolaritele sînt roci silicioase organogene alcătuite din testuri de radiolari, prinși într-un ciment de calcedonie. Radiolarilor (care reprezintă 50% din masa rocii) li se pot adăuga spiculi de spongieri, substanță argiloasă, oxizi de fier etc.

În general, sînt roci tari, casante, care se sparg așchios sau în blocuri prismatice. Au culoare roșie, verde sau neagră-brună.

Radiolaritele pot să fie folosite ca material abraziv.

În țara noastră sînt cunoscute în sedimente jurasice și cretacice din Carpații Orientali și Munții Apuseni.

Epigeneza radiolaritelor duce la formarea *jaspurilor*. Datorită conținutului în oxizi de fier, aceste roci sînt de culoare roșie sau verde. În unele jaspuri se mai pot sesiza urme ale radiolarilor de origine, alteori aceste urme dispar complet.

Cîteodată jaspurile se folosesc ca imitații de pietre prețioase.

Dintre numeroasele apariții de jaspuri din regiunile carpatice, amintim pe cea din Masivul Drocea-Highiș (Munții Apuseni, jud. Hunedoara și Alba).

Spongolitele sînt roci silicioase care se întîlnesc mai rar în natură. S-au format prin acumularea (în proporție de peste 50%) a spiculilor de spongieri silicioși care sînt prinși într-un ciment de SiO_2 (opal, calcedonie); se mai adaugă material detritic argilos, carbonați etc.

Sînt roci omogene, fin granulare, de culoare neagră sau verde-cenușie, de regulă cu duritate mare.

Accidentele silicioase se prezintă ca elemente lentiliforme, de dimensiuni centimetrice în masa a diverse roci. Ele apar în roci silicioase, calcaroase, marne, marno-calcare și gipsuri. *Silexurile* sînt accidente silicioase în crete, ce apar ca noduli, vinișoare sau pături de diferite dimensiuni. Ele conțin în jur de 98% SiO_2 și se detașează ușor de masa cretei. La noi în țară, silexurile din creta de Murfatlar, jud. Constanța, sînt cele mai bine cunoscute. Tot ca accidente silicioase sînt interpretate și *me-*

nilitele, ce apar ca lentile sau intercalații stratiforme în stiva de depozite argiloase, marnoase din osatura carpatică. Sînt formate în cea mai mare parte din opal, alături de care apare calcedonia și în proporții variabile substanță argiloasă și organică (bitumene), hidroxizi de fier etc.; în medie, SiO_2 este în jur de 70%, iar substanței organice îi revine 17%. Menilitele au culoare brună pînă la neagră (în funcție de conținutul de substanță bituminoasă), fiind foarte compacte și dure. Din punct de vedere genetic sînt interpretate ca provenind din transformarea unor sedimente diatomitice, considerate și ca posibile roci-mume de petrol. Cele mai importante apariții se cunosc în zona exterioară a flișului Carpatic, orizontul menilitelor inferioare (în baza oligocenului) și orizontul menilitelor superioare (la finele oligocenului).

IV. CĂRBUNII FOSILI

Pe lîngă diferitele resturi de viețuitoare de care am amintit în capitolele precedente, în stratele Pămîntului s-au păstrat și urme de frunze, fragmente de trunchiuri, semințe sau chiar fructe petrificate și rășină*. În ultimele decenii s-a evidențiat o foar-

* Din anumite rășini ale unor conifere fosile, s-a format piatra semiprețioasă cunoscută sub numele de *chihlimbar* (ambră sau succin). Mai cunoscut este chihlimbarul format în terțiarul vechi, care provine de la păduri de pini, ce vegetau în regiunile de țărm ale Mării Baltice. Chihlimbarul baltic era bine cunoscut și apreciat pe piețele Romei în timpul lui Iuliu Cezar, căci din el meșteșugarii acelor vremuri făureau frumoase obiecte de podoabă. Străvechea industrie a prelucrării acestei pietre organice s-a perpetuat pînă în zilele noastre, valorificînd cu iscusință prețuitul „aur al Balticii". Modelarea acestui mineral — de culoare galbenă ca mierea, alteori galben-brun sau, foarte rar, chiar roșu-brun sau brun-verde — se face cu relativă ușurință, din el realizîndu-se coliere, inele, amulete, statuete etc. Studiile chimico-mineralogice au evidențiat existența a numeroase varietăți de chihlimbar. De exemplu, chihlimbarul românesc (ce se găsește izolat în anumite puncte din jud. Buzău și Prahova) a fost numit *rumanit* de chimistul român dr. C. Istrati, care l-a și studiat. Importanța acestui mineral semiprețios poate fi apreciată și prin producția anuală de circa 400 000 kg pe care o realizează unele țări limitrofe Mării Baltice, cum ar fi R. D. Germană, R. P. Polonă și U.R.S.S.

te bună conservare a sporilor și polenului ce provin de la plantele de altădată*.

Poate că cel mai important lucru este cunoașterea rolului pe care l-au jucat plantele respective în formarea diferitelor zăcăminte de cărbuni. S-a stabilit, astfel, că materialul vegetal provenit din întinsele păduri luxuriante și ajuns în condiții favorabile a dus la formarea numeroaselor zăcăminte de cărbuni de pe întregul cuprins al planetei noastre. Cîteva din „secretele“ genezei cărbunilor le vom dezvălui în capitolul următor.

Multe din resturile fosile ale plantelor ce-au participat la alcătuirea cărbunilor au importanță în delimitările biostratigrafice ce se fac — deci, în atribuirea unei anumite vîrste (relative) depozitelor sedimentare respective. Cunoașterea plantelor fosile dă posibilitatea de a urmări în timp evoluția plantelor, de a reconstitui paleoclima, deci clima care exista într-o perioadă sau alta a timpurilor geologice, în diferite regiuni ale planetei noastre ș.a.m.d.

1) Din „secretele“ formării cărbunilor

Faptul că plantele din timpurile geologice au dus la formarea variatelor tipuri de cărbuni este un lucru de mult lămurit; dar condițiile și căile de transformare a materialului vegetal au constituit obiectul multor interpretări, adesea îndelung controversate. Astăzi se știe bine că zăcămintele de cărbuni din marile centre miniere ale lumii nu sînt altceva decît copaci din imensele păduri străvechi care, prin procese complicate, au dus la formarea acestor roci

---

* Studiul poleno-sporilor intră în obiectul de studiu al palinologiei.

atît de mult prețuite în contextul civilizației contemporane.

Cum au ajuns copacii falnicelor păduri de altădată în această stare? Care sînt „elementele cheie“ în formarea diferitelor calități de cărbuni, sau, în sfîrșit, de ce atîtea feluri de cărbuni?

Pentru început să precizăm că în decursul erelor geologice numai anumite perioade au întrunit condiții favorabile formării unor zăcăminte de cărbuni. Și acestea, în primul rînd, au fost determinate de existența unor păduri întinse, care la rîndul lor erau dependente de condiții adecvate de climă. Imensele mlaștini împădurite erau sursa unor mari cantități de masă lemnoasă care, ajunsă în condiții favorabile de depunere, reprezenta garanția realizării unor viitoare acumulări de mare preț.

În formarea cărbunilor se pot deosebi două faze principale: de turbificare și de încărbunare. *Turbificarea* (faza de diageneză sau biochimică) are loc la început, în mediul de depunere al substanței vegetale, unde descompunerile și transformările acesteia se fac sub acțiunea microorganismelor (bacterii anaerobe, ciuperci). În schimb, faza de *încărbunare* (de incarbonizare, geochimică sau de diageneză) se desfășoară în interiorul scoarței sub acțiunea temperaturii, presiunii, metamorfismului etc., care determină pierderea umidității inițiale și o îmbogățesc în carbon. Ambele faze reprezintă două etape, mai mult sau mai puțin distincte, din așa-numitul proces de *carbonificare* (deci, de formare a cărbunilor). În timpul carbonificării proporția diferitelor elemente alcătuitoare (C, O, H, N, S etc.) se schimbă mereu, conținutul în carbon fiind în continuă creștere, în timp ce conținutul în O și H scade.

Unde au loc aceste îndelungate transformări ale materialului vegetal?

Cercetările minuțioase ale oamenilor de știință au izbutit să dea răspunsul cuvenit la întrebarea de mai sus. Astfel, s-a constatat că trunchiurile arborilor pot să fie acumulate pe loc sau transportate, prin mijlocirea apei, la distanțe mai mari ori mai mici (se formează în acest fel cărbuni *autohtoni*, respectiv *alohtoni*). Acumularea (depozitarea) imenselor cantități de material vegetal poate avea loc în bazine cu apă dulce (depuneri *limnice)*, sau, dimpotrivă, în mlaștini ori lagune apropiate de țărmul marin și, de aceea, în cursul evoluției lor, ele au putut să fie invadate de mai multe ori de apele mării (depuneri *paralice*).

O condiție de mare importanță în asigurarea formării cărbunilor este ca fundul bazinului unde s-a depus materialul vegetal să sufere o continuă și ușoară scufundare. Aceasta permite constituirea unor strate groase de cărbuni, dar în același timp se asigură și depozitarea, în același bazin, a unui număr însemnat de strate. Totodată are loc și acțiunea temperaturii, presiunii și a altor factori de care aminteam mai înainte. Este evident că grosimea stratelor de cărbuni, cît și numărul lor depind de timpul și ritmicitatea perioadei de scufundare a bazinului, ca și de bogăția vegetației. Intercalațiile de argile, nisipuri, gresii etc. dintre stratele de cărbuni — sau „sterilul" cum poartă denumirea în minerit — nu sînt altceva decît rezultatul unor depuneri tocmai în perioada în care vegetația devenise mai săracă sau condițiile de acumulare, dintr-un motiv sau altul, nu mai fuseseră favorabile. Atunci cînd condițiile de formare a cărbunilor (vegetație bogată, un bazin de acumulare corespunzător, o scufundare lentă etc.) se întronează din nou, se naște un alt strat de cărbune. Ritmicitatea formării cărbunilor se poate constata în toate bazinele cu cărbuni. Așa ne putem explica existența celor 25 de strate de cărbuni din Bazinul Petroșani, a celor peste 150 de strate din unele bazine ale Franței și Belgiei, a celor 200 din Bazinul Doneț — U.R.S.S. ș.a.m.d.

2) **Principalele tipuri de cărbuni**

Materialul vegetal supus proceselor de turbificare și încărbunare poate să dea naștere mai multor tipuri de cărbuni. Natura resturilor acumulate, modul lor de acumulare și condițiile în care s-a produs transformarea acestor resturi determină o compoziție chimică foarte variată a cărbunilor. Din această cauză, pînă în prezent, nu există o clasificare a cărbunilor fosili unanim acceptată, ci se fac clasificări după: natura substanței organice de origine, conținutul în cenușă sau gradul lor de cocsificare, folosirea lor industrială (consum chimico-tehnologic, metalurgic și energetic), conținutul în apă sau în substanțe volatile etc.

Cea mai răspîndită este clasificarea genetică, deci cea care ia în considerare natura substanței organice de origine, potrivit căreia cărbunii se împart în:

— cărbuni *humici* sau *xiloizi*, constituiți în esență din plante terestre superioare. La formarea lor participă mai ales lignina și celuloza din corpul vegetalelor amintite. Aici includem marea majoritate a cărbunilor (turba, lignitul, cărbunele brun, huila și antracitul);

— cărbuni *sapropelici* sau *bituminoși*, formați pe seama microplanctonului acvatic (limnic), îndeosebi a fitoplanctonului. Grăsimile și proteinele din materia organică intervin în procesul de sapropelizare

(sau bituminizare). *Boghead*-ul, *cannel-coal*-ul sînt cei mai cunoscuți cărbuni sapropelici;

— cărbuni *liptobioliți*, foarte rari, rezultați din transformarea unor părți vegetale rezistente (spori, cuticule, suberine). Mai cunoscuți sînt liptobioliții din spori, din cuticule.

Mai departe vom face o scurtă caracterizare a principalelor tipuri de cărbuni humici, ei reprezentînd peste 95% din rezervele mondiale de cărbuni.

Turba, așa după cum arătam în primul capitol al cărții, ocupă treapta de început a formării cărbunilor. Ea are un aspect lînos și o culoare brună de diferite nuanțe. Turbele au un conținut ridicat de apă (70—95%) și o putere calorică de peste 2 000 Kcal/kg. Se întrebuințează drept combustibil inferior, ca îngrășămînt azotat pentru culturile agricole, în floricultură, ca așternut absorbant în grajduri etc.

În țara noastră turba se găsește în Munții Lotru și Parîng, la Mîndra (jud. Brașov), la Poiana Stampei (jud. Suceava), la Dersca (jud. Botoșani), la Miercurea Ciuc (jud. Harghita) etc. Mari zăcăminte de turbă se găsesc în U.R.S.S., regiunea Moscovei și a Leningradului, în ținuturile Uralilor și Siberiei (ele reprezintă circa 80% din rezervele mondiale), apoi în R. F. Germania (regiunea Hanovra), S.U.A. etc.

Lignitul urmează imediat după turbă pe treapta calității cărbunilor. Foarte adesea putem recunoaște și cu ochiul liber structura lemnoasă de origine, ceea ce vrea să sugereze și denumirea ce i s-a dat acestui cărbune (lat. *lignum* = lemn).

Arde cu mult fum și, de cele mai multe ori, la uscare se desface în foi. Puterea calorică a lignitului, considerat ca fiind un combustibil inferior, este de 2 500—4 000 kcal/kg (sorturile mai bune putînd trece chiar de 6 000 Kcal/kg), cu un conținut de cenușă de 7—47%.

Cea mai largă utilizare a lignitului este de cărbune energetic, fiind ars în termocentralele din apropierea zăcămintelor respective. Cea mai modernă utilizare a ligniților este transformarea lor în gaze combustibile, prin gazeificare subterană.

Se pot deosebi:

— ligniți pămîntoși, ce conțin în jur de 50% acizi humici, brichetabili fără aglutinant, și

— ligniți xiloizi, numiți și ligniți propriu-ziși, ce se caracterizează printr-un conținut scăzut de acizi humici (rareori depășind 6%).

Țara noastră dispune de mari rezerve de ligniți în bazinele Olteniei (Rovinari, Motru, Roșia, Albeni, Huznicioara, Alunu etc., jud. Gorj), la Schitu-Golești (jud. Argeș), Șotînga-Doicești (jud. Dîmbovița), Filipeștii de Pădure (jud. Prahova), Ojasca (jud. Buzău), Racoș, Căpeni, Baraolt (jud. Covasna), Sinersig (jud. Timiș), Caransebeșul Nou, Mehadia (jud. Caraș-Severin), Ip, Sărmășag* (jud. Sălaj), Derna, Voievozi, Borod, Topa-Criș (jud. Bihor) ș.a.m.d.

Pe următoarea treaptă calitativă se situează *cărbunele brun*, care este un cărbune humic mai compact (față de lignit) și strălucitor. Are culoare neagră-brună, fiind lucios (ca și huila), dar urma lăsată (pe o placă de porțelan) este de culoare brună (la huilă este neagră). Se mai deosebește de huilă și prin reacția cu hidroxid de potasiu (colorează soluția în galben-brun). Are a putere calorică de 4 000—7 200 Kcal/kg, un conținut de cenușă de circa 6% și apă

---

* Lignitul de Sărmășag (jud. Sălaj) este întrebuințat și ca material pentru condiționarea viscozității și a filtrației normale a noroaielor de foraj. Se livrează sub denumirea de „extract bazic de lignit".

de zăcămînt 4—7%. Prin cocsificare produce 50—55% cocs pulverulent, dar aglomerabil, bun pentru industria metalurgică, şi 45—50% materii volatile, întrebuinţate ca gaze de ars şi la extragerea gudroanelor.

În ţara noastră există zăcăminte de cărbune brun în mai multe cîmpuri miniere din Bazinul Petroşani (partea de est a bazinului), apoi în Bazinul Comăneşti (jud. Bacău), Şorecani-Ticu (jud. Cluj), Surduc, Cristolţel (jud. Sălaj), Ţebea-Brad (jud. Hunedoara) etc.

Huila reprezintă cel mai important cărbune humic, fiind cotat combustibil superior. Este în general compactă, are culoare neagră sau neagră-cenuşie, cu luciu sticlos, gras şi strălucitor. Este un cărbune dur, dar sfărîmicios şi prezintă o spărtură de obicei neregulată.

În general, huilele au o putere calorică ridicată (7 000—9 000 Kcal/kg), un conţinut de apă scăzut (1—3%), iar conţinutul de cenuşă este în medie de circa 10%.

Utilizarea primordială a huilei este ca materie primă în industrie pentru: fabricarea cocsului metalurgic, a gazului de iluminat, a numeroase produse chimice de sinteză (benzen, toluen, naftalină etc.), a uleiurilor, gudroanelor etc.

În natură huilele se prezintă foarte diferit. Clasificarea lor se face după diferite criterii. Mai răspîndită este clasificarea ce ţine cont de cantitatea de materii volatile (MV), raportată la materia combustibilă şi de aspectul cocsului rezultat. În acest sens se deosebesc:

— huile cu flacără lungă (flambante), ce conţin 41—50% MV, nu au capacitate de aglutinare sau aglutinează foarte slab şi sînt folosite în şarjele de cocsificare;

— huile grase, cu un conţinut de 25—38% MV, din care se obţine un cocs bun, topit, umflat;

— huile de cocs, cu 19—30% MV, care dau un cocs topit, dur, rezistent şi compact;

— huile slabe (semigrase), ce conţin 10—19% MV şi dau un cocs acceptabil, de la aglomerat pînă la praf, întrebuinţat la alcătuirea şarjelor de cocsificare;

— huile antracitoase, cu 4—10% MV, fără proprietăţi de cocsificare; dau un cocs pulverulent şi sfărîmicios.

Huilele cu un conţinut scăzut de materii volatile (sub 30%) mai sînt numite şi *huile cu flacără scurtă* (aici intră, aşadar, huilele de cocs, slabe şi antracitoase).

Majoritatea zăcămintelor de huile se cantonează în formaţiuni paleozoice superiore (carbonifer-permian), în mai mică măsură în sedimente mezozoice şi numai rareori în paleogen. Cele mai mari rezerve de huile se găsesc în emisfera nordică (U.R.S.S., China, S.U.A., Marea Britanie, R.F. Germania, Franţa, Polonia, Cehoslovacia etc.).

În R. S. România huila se găseşte în Bazinul Petroşani (în extremitatea vestică a bazinului, unde calitatea cărbunilor variază de la cărbune brun huilos la huilă cu flacără lungă şi huilă de gaz) şi în unele bazine mai mici din Banat (Anina, Lupac, Secu, Doman, Cozla, jud. Caraş-Severin şi Timiş).

Antracitul este un cărbune humic superior, cu cel mai avansat grad de încărbunare. Are culoare neagră, strălucire metalică, spărtură angulară sau concoidală. Se aprinde anevoios, arde greu, cu o flacără scurtă, fără fum şi cu decrepitări.

Puterea calorică a acestui cărbune este de 8 200—9 200 Kcal/kg, conţine puţină apă (~1%) şi cenuşă 3—3,5%.

Antracitul s-a format în condiții geologice speciale (temperaturi de 350—600°C și presiuni înalte) și nu este cocsificabil. Se întrebuințează drept combustibil și ca reducător în industria zincului.

În țara noastră mai important este zăcămîntul de la Schela-Gorj, dar și acesta are rezerve modeste. În lume, țările deținătoare de mari rezerve de huile au și zăcăminte importante de antracit.

Pentru a ne face o privire de ansamblu asupra compoziției chimice a cărbunilor humici, prezentăm mai departe un tabel orientativ ce consemnează conținutul (în procente) al principalelor elemente componente (C, H, O, N).

Compoziția procentuală a principalelor elemente întîlnite în diferite tipuri de cărbuni

Tipuri de cărbuni	C%	H%	O%	N%
Turbă	50—60	5—6	33—38	2
Lignit	57—65	5—6	32—34	1,5
Cărbune brun	60—82	4—5	5—20	0,8
Huilă	79—90	4—5	5—15	0,8
Antracit	90—95	1—1,5	2,5—5	urme

Desigur, în afară de acești componenți principali, cărbunii mai conțin, în proporții variabile, S, P etc., impurități minerale și apă.

Nu putem încheia acest subcapitol* fără să subliniem că diferitele tipuri de cărbuni se caracterizează și printr-o petrografie destul de specifică, ceea ce permite ca studiul petrografic să fie una din metodele importante de studiu al cărbunilor.

— *Vitritul* se prezintă ca benzi sau lentile de cîțiva centimetri grosime și participă în proporție de peste 50% la formarea stratelor de huilă și cărbune brun. Este compact, are un luciu puternic, asemănător smoalei, fiind adeseori străbătut de crăpături perpendiculare pe stratificație. După gradul de carbonificare, vitritul apare în suprafețele lustruite de la culoarea cenușie pînă la alb-gălbuie. Vitritul se poate prezenta sub două forme: vitrit fără structură (la care nu se mai poate distinge o structură lemnoasă) și vitrit cu structură (la care se recunosc celulele materialului vegetal de origine). Faptul că la vitrit se poate distinge structura celulară ne arată că acest component provine din țesuturi lemnoase care au trecut printr-o stare de gelificare, în timpul căreia spațiile celulare au fost impregnate cu soluții coloidale (gel humic). Odată cu creșterea gradului de carbonificare are loc o dispariție treptată a structurii celulare a vitritului. În general, conținutul în cenușă al vitritului este mai mic decît al duritului și fuzitului. Vitritul are un conținut mic de materii volatile, pentru că corpurile bituminoase (spori, polen etc.) lipsesc de obicei. În ceea ce privește analiza elementară, vitritul are un conținut de carbon mai ridicat față de durit, dar mai scăzut ca fuzitul. Prezența vitritului în cărbuni determină praf mult în exploatare, iar în operațiile de preparare mecanică necesită clase granulometrice fine.

— *Claritul* formează benzi cu un luciu mai slab decît al vitritului și este considerat ca fiind un component petrografic cu caractere intermediare între vitrit și durit. Se deosebește de vitrit și prin faptul că acesta nu este un component unitar (este alcătuit din masa de bază și corpuri bituminoase). Claritul (ca și vitritul) are un conținut mic de substanțe minerale.

La sfărîmarea și separarea cărbunelui, claritul se concentrează în granule mai mari decît 1 mm.

— *Duritul*, la fel ca și claritul, nu este un component unitar. Culoarea lui este cenușie-neagră pînă la neagră și

* Petrografia cărbunilor poate să fie studiată prin mai multe metode. Amintim ca fiind mai importante: metodele de lucru ce se bazează pe studiul secțiunilor subțiri și al secțiunilor lustruite. Secțiunile subțiri se pretează îndeosebi la cărbunii inferiori, pe cînd secțiunile lustruite se confecționează atît din cărbunii inferiori, cît și din cei superiori. Ultima metodă (ce folosește suprafețe lustruite) rămîne procedeul primordial în cunoașterea majorității tipurilor de cărbuni. Studiul microscopic al cărbunilor pune în evidență anumiți componenți petrografici:

Petrografia cărbunilor — alături de cercetările de paleobotanică și palinologie — oferă date importante privind condițiile de formare a zăcămintelor de cărbuni. În primul rînd informații despre materialele generatoare de cărbuni; plante cu spori, gimnosperme, angiosperme, apoi despre condițiile de depunere și de transformare a materialului vegetal supus procesului de carbonificare.

Cercetările petrografice se răsfrîng pozitiv asu-

---

este complet mat. Este elementul petrografic cel mai dur al cărbunilor fosili (ceea ce sugerează și numele). La microscop se constată că duritul este alcătuit dintr-o masă de bază în care sînt înglobate corpurile bituminoase. Conținutul de cenușă al duritului este superior aceluia al vitritului și claritului, din cauza materiilor minerale (mai importantă fiind argila) ce se poate acumula în masa lui de bază. Datorită corpurilor bituminoase ce le conține, duritul este componentul petrografic cu cel mai ridicat procent de materii volatile. În ceea ce privește analiza elementară, duritul are conținutul cel mai ridicat în H, dar conține mai puțin C, în comparație cu vitritul.

— *Fuzitul*, la fel ca și vitritul, este un component unitar (constă dintr-o masă de bază unitară). Are un luciu mat-mătăsos, fiind foarte asemănător cu mangalul; se sfărîmă ușor și se ia pe mînă ca funinginea. Microscopic, fuzitul se deosebește de ceilalți componenți petrografici prin păstrarea perfectă a structurii materialului de origine, prin relieful său pronunțat, prin culoarea albă cu nuanțe gălbui. Odată cu creșterea gradului de carbonificare, fuzitul își păstrează culoarea gălbuie-albă, iar relieful său pronunțat devine din ce în ce mai slab, pînă dispare complet. Se consideră că existența fuzitului în cantități mai mari în unele zăcăminte se datorește unor schimbări periodice ale nivelului de apă din turbăriile de origine. Fuzitul are cel mai ridicat conținut în cenușă din turbării. Fuzitul este inert la cocsificare, indiferent de gradul de carbonificare al cărbunilor pe care-i conține — el nu suferă nici o schimbare în timpul cocsificării. În ceea ce privește analiza elementară, fuzitul prezintă cel mai ridicat conținut în C, dar și cel mai scăzut în H.

pra procedeelor tehnologice de înnobilare a cărbunilor. Este vorba de preparera cărbunilor, brichetarea și cocsificarea* acestora.

3) Pădurile din care s-au format cărbunii fosili

Compoziția pădurilor care au stat la baza formării diferitelor sorturi de cărbuni a variat foarte mult de-a lungul perioadelor geologice. Specialiștii au izbutit să cunoască rostul diferitelor tipuri de plante din pădurile luxuriante ale erelor de demult studiind vestigiile rămase de la ele (amprente foliare, trunchiuri, semințe, fructe, spori, polen etc.).

---

* După cum se știe, cocsul este un produs solid, poros, negru cu nuanțe argintii, ce se obține prin încălzirea cărbunilor cocsificabili la temperaturi înalte (800—1 300°C), în retorte închise. Pentru cărbunii din care se prepară cocsul este foarte bine stabilit conținutul în cenușă, sulf, fosfor — neputîndu-se depăși anumite normative stricte. Se folosește drept combustibil și ca materie primă sau auxiliară în diverse industrii (de exemplu, în industria metalurgică la fabricarea fontei; în industria chimică la obținerea gazului de sinteză, a carburii de calciu). Foarte important este așa-numitul cocs metalurgic, care este un cocs de calitate superioară, folosit ca agent de reducere și combustibil în metalurgie la furnalele înalte. La noi în țară se obține la combinatele de profil din Hunedoara, Reșița, Călan, Galați. Producerea cocsului metalurgic impune extinderea folosirii huilelor slab cocsificabile și utilizarea cărbunilor energetici indigeni, în funcție de gradul de carbonificare a cărbunilor. De exemplu, la huilele de cocs (cu 19—30 MV) vitritul și claritul sînt întotdeauna cocsificabili singuri și sînt considerați ca purtători ai cocsificării. Comportarea duritului la cocsificare depinde de alcătuirea fină a structurii sale. Fuzitul, așa după cum s-a mai spus, este inert la cocsificare, dar cînd se găsește fin răspîndit în cărbunele de cocs, în proporție de 3—5%, el acționează favorabil asupra rezistenței cocsului.

Deși unele acumulări de cărbuni fosili se găsesc în formațiuni foarte vechi (unele pungi sînt semnalate chiar din precambrian sau prima parte a paleozoicului), despre adevărate zăcăminte putem vorbi doar în paleozoicul superior, la geneza lor participînd imense păduri luxuriante. (Reamintim că depunerile cărbunoase din precambrian și paleozoicul inferior s-au produs pe baza algelor în mediul acvatic.)

a) Cele dintîi jungle din istoria Pămîntului. Perioadele de la sfîrșitul erei paleozoice se bucură de o deosebită atenție din partea geologilor, căci atunci (în carbonifer și permian) s-au format marile rezerve de cărbuni superiori ale lumii — peste 40%. Dealtfel, adeseori cele două perioade amintite sînt reunite sub o singură denumire — aceea de antracolitic (g. *anthrax* = cărbune).

Nota generală a luxuriantelor păduri din paleozoicul superior (de la a căror dispariție s-au scurs vreo 200 milioane de ani) (fig. 22) o dădeau niște copaci de peste 25—30 m înălțime, dar de o formă cu totul neobișnuită azi. Pe trunchiuri și ramuri aveau urme curioase, asemănătoare unor sigilii, rămase în urma căderii frunzelor și eventual a unor rămurele. Geologii i-au numit *Sigillaria* și *Lepidodendron*, în funcție de așezarea și forma acestor peceți, păstrate pe suprafața lor și care confereu arborilor un aspect solzos. Acești copaci se fixau în solul afînat al mlaștinilor antracolitice, prin tulpini subpămîntene de forma unor cruci bizare, care le asigurau o ancorare solidă. Alături și strîns înrudiți cu ei creșteau arbori de talie mai mică, la care căderea frunzelor lăsa niște cicatrice asemănătoare solzilor de șarpe (*Lepidophloios*), iar alții căpătau, prin căderea ra-

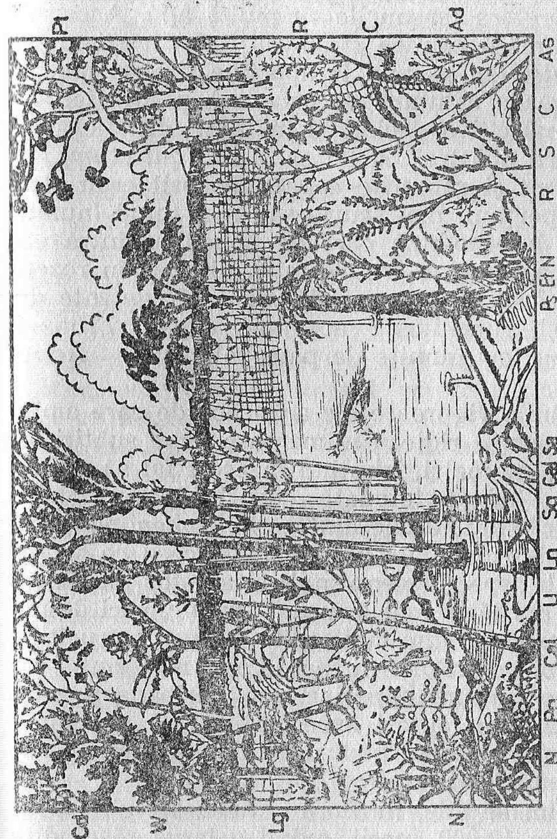


Fig. 22. Reconstituirea florei din timpul carboniferului (Ad — *Adiantites*, As. — *Asterocalamites*, C — *Cardiopteris*, Cal — *Calamites*, Cd. *Cordaites*, Et. — *Etapteris*, Lg. — *Lyginopteris*, Ln. — *Lepidodendron*, N — *Neuropteris*, Ps. — *Psygmophyllum*, Ps. — *Psaronius*, Pt. — *Pitys*, R. *Rachopteris*, S. — *Stauropteris*, Sa — *Stigmaria*, Sg. — *Sigillaria*, Sp. - *Sphenophyllum*, U. — *Ulodendron*, W. — *Walchia*).

murilor, un aspect dezolant, ca și cum tulpina ar fi fost rănită sau tăiată *(Ulodendron)*.

Calamites era un copac falnic (de 10—20 m înălțime) ce prefera terenurile cu multă apă. Acest arbore se numără printre strămoșii îndepărtați ai genului *Equisetum*, căruia îi aparține dintre speciile actuale „coada calului" *(E. arvense)*, plantă ierboasă de numai cîțiva decimetri înălțime, din flora actuală a țării noastre. La fel ca și la *Equisetum*, atît trunchiul cît și ramurile copacului fosil erau alcătuite din porțiuni mai scurte sau mai lungi (numite noduri și internoduri) care se articulau între ele. Acești arbori purtau frunze mici, dispuse în rozetă, care s-au fosilizat adesea, alături de fragmente din ramurile și trunchiurile aceluiași copac. Frunzele amintite au fost numite de paleobotaniști — *Annularia*.

Pe tulpinile viguroase ale arborilor de care aminteam mai sus se ridicau numeroase liane subțiri, de zeci și sute de metri, izbutind în acest fel să ajungă la lumină, legînd totodată copacii într-un hățiș greu de străbătut. Unele dintre ele *(Sphenophyllum)* aveau tulpini muchiate și articulate, ceea ce sporea și mai mult aspectul neobișnuit al acestor plante.

Înadins am lăsat mai la urmă *ferigile*, căci despre acestea merită să știm mai multe lucruri, întrucît au jucat un rol hotărîtor în geneza celor mai multe zăcăminte de cărbuni superiori din perioada permo-carboniferă. Unii autori apreciază la 2/5 participarea ferigilor în cadrul pădurilor din paleozoicul superior al emisferei nordice.

După cum se știe, în flora actuală ferigile însumează peste 10 000 specii, avînd o largă răspîndire geografică. Au portul unor plante ierboase, cîteodată chiar de arbori, liane sau plante spinoase. Unele sînt plante de lumină, cu frunze compuse (fronde)

foarte divizate, pe cînd altele prosperă la umbră și au frunzele late, mai puțin decupate. Ferigile — apărute foarte probabil la finele silurianului — se întîlnesc cu siguranță din devonian; ele au cunoscut o dezvoltare evolutivă în paleozoicul superior, cînd (așa după cum am mai arătat) au avut un rol litogenetic de prim rang. Deși frecvente în anumite perioade ale erei secundare și chiar în terțiar, ferigile și-au pierdut în cea mai mare parte rolul litogenetic.

În bazinele cu cărbuni paleozoici se găsesc felurite și numeroase frunze, spori și chiar fragmente de trunchiuri. Mai ales părțile de frunze sînt de o mare varietate și abundență; frunzele ferigilor erau foarte bine dezvoltate și de la ele ni s-a păstrat un mare număr de tipuri de foliole (frunzulițe). Genul *Pecopteris*, deosebit de frecvent în pădurile antracolitice, este descris tocmai pe baza unor pinule mici ce intrau în alcătuirea unor frunze compuse, foarte impunătoare (de circa 2 m lungime).

Tot în mlaștinile silvestre de la sfîrșitul paleozoicului trăiau arbori aparținînd unor *gimnosperme* mai mult sau mai puțin primitive. În acest context amintim pe *Cordaites* (un copac de vreo 30 m înălțime, asemănător brazilor actuali, dar cu frunze late dispuse în buchete), apoi unele conifere mici, puțin evoluate *(Lebachia)* și mai ales arbori și arbuști din clasa *ferigilor cu semințe* (grupă sistematică exclusiv fosilă, la care se încadrează plante cu port de ferigă, dar la care — curios! — se individualizau semințe).

Prin obscuritatea frunzișului verde al pădurilor antracolitice se strecurau animale greoaie, adaptate la viața de mlaștină; este vorba de *Stegocefali*, niște batracieni al căror corp, asemănător cu al crocodililor actuali, era acoperit de solzi, iar capul —

de nişte plăci osoase de forme dintre cele mai ciudate. Deasupra ochiurilor de apă ale întinselor mlaştini planau în voie libelule multicolore, care puteau depăşi 0,5 m lungime. Dar prin mlaştinile de la sfîrşitul paleozoicului se tîrau şi primii reprezentanţi ai reptilelor primitive, animale greoaie, ale căror picioare puternice, terminate cu gheare, le serveau la scormonit în timp ce-şi căutau hrana.

Cum formaţiunile de vîrstă carboniferă sînt mai puţin dezvoltate la noi în ţară — raportate la alte ţări — este de aşteptat ca şi rezervele de cărbuni din acele timpuri să fie în cantităţi mai reduse. Totuşi la Lupac, Secu, Baia Nouă (jud. Caraş-Severin) au fost condiţii de formare a cîtorva straturi de cărbuni de calitate superioară (huile). Tot din aceste localităţi, ca şi din altele, a fost inventariată o floră care cuprindea în general în compoziţia sa şi speciile de arbori amintiţi mai înainte.

Sfîrşitul erei paleozoice înseamnă şi încetarea formării marilor zăcăminte de cărbuni pentru o lungă durată de timp. Această situaţie a fost determinată de schimbarea radicală a raporturilor dintre mare şi uscat, a condiţiilor climatice, precum şi de restrîngerea suprafeţelor mlăştinoase. O parte din vegetaţia luxuriantă din mlaştinile antracolitice dispare pentru totdeauna, iar în alte cazuri firul evolutiv al unor specii de plante este dus mai departe de urmaşi mult schimbaţi.

Desigur, aceste transformări, cu un atît de larg ecou, îşi au originea într-o suită de fenomene geologice (activitatea vulcanică, formări de lanţuri muntoase, o altă înfăţişare a raporturilor mare—uscat etc.), influenţate — eventual — de complicate (şi nu îndeajuns de deslușite) fenomene cosmice. Toate acestea au făcut ca plantele, ca dealtfel şi animalele, timpurilor mezozoice să capete alte înfăţişări, cu care, în parte, vom face cunoştinţă în paginile ce urmează.

b) P ă d u r i l e d e g i m n o s p e r m e a l e e r e i s e c u n d a r e. Dacă în pădurile din paleozoicul superior ferigile jucaseră un rol deosebit de important (alături de Lepidopside, Arthropside), în mezozoic locul lor este luat de variate tipuri de *Gimnosperme* (fig. 23). Într-atît a fost numărul lor de mare, încît paleobotaniştii nu ezită să numească era secundară şi „era gimnospermelor".

Cu toate că din prima parte a mezozoicului (din triasic) s-au păstrat numeroase trunchiuri şi frunze fosile, totuşi cantitatea de cărbuni triasici este redusă. Acest lucru denotă că încă nu se stabiliseră condiţii bune pentru formarea unor astfel de depozite.

Abia în a doua perioadă, în jurasic, se semnalează constituirea unor zăcăminte de cărbuni de mai mare importanţă. În nici un caz însă nu se aseamănă, ca rezerve, cu cele din paleozoicul superior.

Întrucît cărbunii de la Anina, Doman, Cozla, Bigăr (jud. Caraş-Severin), Codlea, Cristian (jud. Braşov) sînt tocmai produsul pădurilor jurasice, ne vom opri mai mult asupra vegetaţiei din această perioadă. Astăzi se ştie bine că pădurile care au dat naştere cărbunilor din localităţile sus-amintite se dezvoltau într-un mediu turbos, cu multe precipitaţii şi temperaturi ridicate, asemănătoare celor existente în cîteva regiuni intertropicale. Frunzele unor ferigi din fam. Matoniaceae (care mai au urmaşi doar în pădurile calde din Malaysia şi Indonezia) sînt mărturii sigure ale climatului de atunci. Dar zona acestui climat se întindea mult spre nord, dovadă fiind amprentele foliare de matoniacee întîlnite în unele



Fig. 23. Reconstituirea florei din timpul jurasicului (W. — *Williamsonia*, Cy. — *Cycadeoidea*, E. — *Equisetites*, T. — *Taeniopteris*).

țări ale Peninsulei Scandinave și în sudul Groenlandei.

Este neîndoios că pădurile noastre jurasice (ca dealtfel întregul patrimoniu forestier din jurasicul celei mai mari părți a emisferei boreale) erau alcătuite preponderent din gimnosperme. Din cadrul acestora, reprezentanții clasei *Cycadopsida* au fost cei mai importanți. Ca și plantele actuale, strămoșii fosili trebuie să fi fost arbori și arbuști cu aspect de palmieri sau ferigi arborescente. Trunchiurile lor cilindrice sau globuloase purtau în vîrf frunze mari (de obicei, compuse) dispuse în mănunchiuri ce întreceau 1—2 m lungime. Ne putem face o idee mai exactă despre rolul important al acestor arbori arătînd că 2/5 din flora erei mezozoice aparținea cicadopsidelor, pe cînd astăzi mai numără doar 9 genuri! Dintre cele de astăzi, mai cunoscut este „palmierul etiopian“ *(Cycas)* care întrunește caracterele arhaice prezentate mai sus. Frunze pieloase, de forme foarte variate, aparținînd cicadopsidelor străvechi se găsesc adeseori în argilele de la Anina (jud. Caraș-Severin), Codlea (jud. Brașov) etc. Un material foliar bogat de cicadopside fosile poate fi admirat în cadrul colecțiilor de paleobotanică de la Institutul geologic (București) și de la Universitățile din București și Cluj-Napoca.

Pădurile din jurasic erau foarte monotone. Așa se face că din nordul Europei pînă în Siberia și sudul Japoniei ele își păstrau aproape neschimbată compoziția. Se pare că climatul cald, cu precipitații abundente, nu suferea schimbări importante pe tot acest teritoriu.

Cercetările paleobotanice atestă că vegetația de tip gimnospermic din jurasic s-a continuat și în cretacicul inferior. În cretacicul superior, gimnosper-

mele erau în plin declin, ajungînd subordonate angiospermelor.

Pădurile de gimnosperme au dus la formarea unor importante zăcăminte de cărbuni în intervalul triasic superior — cretacic inferior. Mai importante sînt unele zăcăminte de cărbuni bruni și huile din U.R.S.S. (Asia Mijlocie, Siberia — bazinele Aldan, Lena, Transbaicalului), China, S.U.A. etc. În Europa, zăcămintele mai mici de cărbuni mezozoici se găsesc în Polonia, R. D. Germană, Bulgaria, Ungaria și România.

Cretacicul superior, după cum am menționat mai sus, se caracterizează printr-o vegetație dominată de angiosperme, care aveau să capete dezvoltare supremă în neozoic.

Pădurile cu cicadopside au părăsit pentru totdeauna poziția primordială în ansamblul vegetației. Același lucru este valabil și pentru *Ginkgoale*, ordin cu înflorire evolutivă legată de timpurile jurasice, dar aflate în declin brutal în cretacicul superior (în flora cretacicului superior, apoi în neozoic, inclusiv astăzi, ordinul mai era reprezentat printr-un singur gen, *Ginkgo**).

Coniferele — care au atins apogeul evolutiv la finele jurasicului — au continuat să joace un rol important și în cretacicul superior, îndeosebi prin reprezentanți ai familiilor Araucariaceae, Taxodiaceae, Pinaceae ș.a.

Cele mai spectaculoase schimbări s-au petrecut, la nivelul cretacicului superior, în lumea angiospermelor.

---

* În flora actuală genul este reprezentat de o singură specie, *G. biloba*, arbore ornamental cultivat prin parcurile Europei, dar care a mai supraviețuit izolat în flora spontană din SE Chinei.

Aceste păduri, formate în cea mai mare parte din angiosperme (alături de care un rol de seamă îl aveau și coniferele) au furnizat materia primă pentru formarea unor zăcăminte de huile și cărbuni bruni cu importanță economică, amplasate pe teritoriile U.R.S.S., S.U.A. etc.

La noi în țară, în cretacicul superior din Bazinul Rusca Montană se găsesc cîteva intercalații de cărbuni care, în general, aparțin din punct de vedere calitativ huilelor. Resturile vegetale conservate în zonă și studiate recent arată că pădurile de proveniență erau mixte: conifere și angiosperme (alături de care ferigile mai aveau un rol subordonat). Dintre conifere, mai frecvente sînt urmele de rămurele frunzoase, atribuite la copaci din familiile Araucariaceae și Taxodiaceae. Monocotiledonatele sînt reprezentate prin palmieri și pandani*. Dicotiledonatele sînt cele mai variate și numeroase, dintre care merită să semnalăm ca mai frecvente: neamurile de platani străvechi *(Credneria, Platanus)*, araliacee exotice *(Aralia, Dewalquea)*, stejari primitivi *(Quercus)* etc. Dorim să întregim această informare amintind cititorilor că prin astfel de păduri își purtau pașii o bogată faună de dinozauri, de la care s-au găsit resturi de oase împietrite păstrate îndeosebi în cretacicul superior al Bazinului Hațeg.

---

* Pandanii *(Pandanus)* sînt monocotiledonate înrudite cu palmierii, care mai trăiesc astăzi în regiunile intertropicale, fiind specifice pădurilor de mangrove. Colecția de amprente foliare atribuită pandanilor (ce însumează mai multe sute de bucăți) se află depusă în cadrul Muzeului de geologie-paleontologie al Universității clujene, fiind la ora actuală cea mai bogată colecție de pandani fosili din lume. Unele specii *(P. romanicus, P. spinatissimus, P. barbui* ș.a.) au fost descrise pentru prima oară de la Rusca Montană.

c) Înnoirile din vegetația neozoică. Procesul de transformare a vegetației început în cretacicul superior avea să fie continuat și amplificat pe parcursul întregii ere neozoice, pînă în zilele noastre. Cum în tot acest răstimp (cretacic superior — neozoic actual) vegetația a fost și rămîne dominată în mod absolut (cantitativ și calitativ) de angiosperme, specialiștii numesc intervalul amintit „era angiospermelor“ (fig. 24).

Datele paleobotanice arată că pe parcursul erei neozoice coniferele continuau să joace un rol important, furnizînd o cantitate însemnată de material lemnos. De la o perioadă la alta a erei, de exemplu pentru Europa, familiile de conifere au avut o pondere remarcabilă. Dacă pentru paleogen și miocen au fost majoritare taxodiaceele, în pliocen (și apoi în cuaternar) au fost treptat înlocuite de alte rășinoase, în special Pinaceae. În ceea ce privește angiospermele, putem face următoarea remarcă: în paleogen dominau reprezentanți termofili, care, ulterior, au fost înlocuiți de elemente de climă temperat-caldă, respectiv temperată, spre finele pliocenului și în unele etape din cuaternar.

Astfel de păduri au stat la baza formării unor importante zăcăminte de cărbuni (îndeosebi cărbuni bruni, ligniți și mai rar huile), ce se găsesc la diferite latitudini în ambele emisfere. Importante zăcăminte de cărbuni bruni și ligniți terțiari — unele exploatabile chiar în cariere — se găsesc în R. D. Germană, Cehoslovacia, Ungaria, Bulgaria, Iugoslavia etc., apoi în China, Australia, S.U.A., Canada, Columbia etc.

România deține mari rezerve de cărbuni neozoici. Cel mai important zăcămînt de cărbune al țării (Bazinul Petroșani) s-a format la finele paleogenului (în oligocen). Tot oligocenici sînt și cărbunii

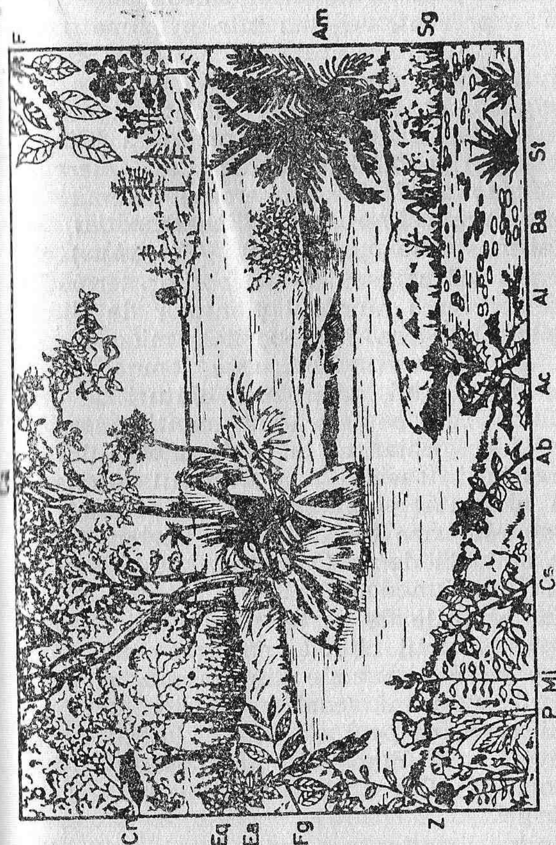


Fig. 24. Reconstituirea florei din oligocen (Ab. — *Abelia*, Ac. — *Acantus*, Al. — *Aldrovanda*, Am. — *Acrostichum*, Ba. — *Brasenia*, Ca. — *Catalpa*, Cn. — *Cinnamomum*, Cs. — *Clematis*, Ea. — *Engelhardtia*, Eq. — *Equisetum*, F. — *Ficus*, Fg. — ***Fagus***, Ml. — *Melissa*, P. — *Papaver*, Sg. — *Sparangium*, St. — *Stratiotes*, Z. — *Zizyphus*).

bruni din Bazinul Almaş-Agrij (jud. Cluj — NV Transilvaniei). Pădurile oligocene din România, aşa după cum arată bogatul material paleobotanic prelucrat pînă în prezent, vegetau într-un climat cald, de factură tropical-subtropicală, unde alături de conifere (chiparosul de baltă), *Taxodium*, arborele mamut *(Sequoia)* etc. prosperau variate tipuri de palmieri şi foioase: arborele de scorţişoară *(Cinnamomum)*, stejari exotici *(Castanopsis, Quercus)*, magnolii *(Magnolia)*, foarte numeroase neamuri de nuci exotici *(Carya, Pterocarya, Engelhardtia)*, arborele de abanos *(Diospyros)*, zizifi *(Zizyphus)* etc.

În miocen a scăzut ponderea arborilor termofili, începînd să sporească numărul plantelor de climat temperat-cald. De aceea, în depozitele miocene găsim foarte numeroase resturi (frunze, lemne, polen) de juglandacee, platani, arţari etc., alături de unii arbori de climat cald pe care i-am amintit anterior. Se poate considera, chiar, că la finele miocenului — la latitudinea ţării noastre — au dispărut palmierii, majoritatea absolută a lauraceelor etc. Astfel de păduri au stat la baza formării unor cărbuni miocenici, cum sînt cei de la Comăneşti (jud. Bacău), Ţebea-Brad (jud. Hunedoara) etc.

În pliocen, pădurile de pe teritoriul ţării noastre purtau amprenta unui climat temperat-cald, fiind asemănătoare cu cele actuale din Caucaz, şi zona atlantică nord-americană (conifere, castani, stejari, fagi, platani, nuci, carpeni ş.a.m.d.). Ligniţii de la Derna Voievozi (jud. Bihor), Rovinari, Motru (jud. Gorj), Baraolt (jud. Covasna) etc. îşi au originea în astfel de păduri.

Vicisitudinile climatice generate de glaciaţia din cuaternar aveau să permită doar formarea turbei — formaţiune subrecentă sau recentă de care ne-am ocupat anterior.

4) Cărbunii între prezent şi viitor

În contextul civilizaţiei actuale problema resurselor de energie preocupă tot mai mult ţările lumii. Sîntem martorii eforturilor susţinute prin care specialiştii încearcă să sporească ponderea unor energii mai puţin utilizate în trecut, ca: energia nucleară, solară, geotermică etc., în aşa fel ca într-un viitor nu prea îndepărtat sursele clasice de energie (cărbuni, petrol, gaze naturale) să poată fi economisite. În ciuda acestor eforturi, organismele de specialitate apreciază că şi în primele decenii ale mileniului următor sursele clasice de energie vor continua să joace un rol preponderent.

Este interesant să consemnăm aici că, după unele statistici, ponderea cărbunilor din totalul de resurse energetice este apreciată a fi de 93,5% (petrolului îi revine doar 3,5%, iar gazelor naturale 3%). Estimarea resurselor de combustibili fosili şi a consumului lor a permis specialiştilor să aprecieze că, în jurul anului 2010 rezervele de cărbuni vor fi epuizate numai într-o proporţie de 2% (petrolul va fi epuizat într-o proporţie de 87%, iar gazele naturale, 73%).

Cifrele amintite sînt suficient de edificatoare — credem —, pentru a înţelege orientarea generală a consumatorilor spre valorificarea cărbunilor. Starea de fapt amintită a determinat ca ţările producătoare de cărbuni să-şi schimbe orientarea, sporind substanţial producţia de cărbuni.

Dacă în 1950, cărbunii au constituit principala resursă de energie primară folosită (circa 60% din necesarul mondial), în perioada care a urmat folosirea cărbunilor a cunoscut un regres de mare anvergură, îndeosebi datorită preţului scăzut al petrolului. Aşa se face că la declanşarea crizei petrolului

(1973—1974) consumul de cărbune acoperea doar 30% din necesarul mondial de energie. În schimb, în contextul sporirii prețului la hidrocarburi, toate țările lumii se reîntorc spre cărbunii fosili, ceea ce va face ca spre anul 2000 cărbunii fosili să reprezinte principalul suport energetic*.

În majoritatea țărilor lumii (inclusiv în țările dezvoltate industrial, unde se impune tot mai mult folosirea energiei nucleare) s-au elaborat programe de perspectivă, pe perioade lungi, care examinează punerea la punct de tehnologii avansate privind valorificarea zăcămintelor de cărbuni. Se urmărește: extragerea cărbunilor cu utilaje comandate de la distanță, automatizarea transportului, a susținerii galeriilor, a instalațiilor de preparare etc., apoi lichefierea și gazeificarea cărbunilor sau chiar exploatarea cu ajutorul solvenților ș.a.m.d.

Se caută ca anumite instalații industriale (termocentrale, fabrici de ciment etc.) ce utilizează alte surse de energie (petrol, gaze naturale) să fie reproiectate pentru utilizarea cărbunilor (inferiori).

Avantajele folosirii cărbunilor rezidă în următoarele:

— zăcămintele de cărbuni reprezintă cea mai importantă sursă de energie fosilă; rezervele de cărbuni sînt incomparabil mai mari față de cele de petrol;

— metodele moderne de exploatare și transport al cărbunilor pun într-o lumină și mai favorabilă viitorul cărbunilor;

* Evaluări recente au stabilit următoarea ierarhie în ceea ce privește principalele țări și regiuni care dețin importante rezerve de cărbuni: U.R.S.S., R. P. Chineză, S.U.A., Canada, America Latină, Europa, Africa și Oceania. Rezervele mondiale de cărbuni sînt estimate la 12 500 miliarde t.

— valorificarea prin lichefiere sau gazeificare a cărbunilor va spori eficiența lor economică;

— exploatarea în cariere a stratelor de cărbuni aflate în apropierea suprafeței și utilizarea lor în mari termocentrale sau în enorme complexe industriale (amplasate în imediata apropiere a zăcămîntului) fac din cărbunii fosili cel mai economic combustibil.

În țara noastră se depun eforturi pentru valorificarea superioară a cărbunilor și pentru creșterea ponderii lor în balanța energetică. Pentru anul 1985 se prevede realizarea unei producții de 85 milioane t de cărbuni. Se va căuta să se sporească cantitățile de cărbuni cocsificabili, dar cea mai spectaculoasă creștere cantitativă o va înregistra producția de ligniți (72—75 miliarde t), exploatați în subteran sau în cariere, aceștia fiind valorificați în mari termocentrale amplasate în perimetrul regiunilor purtătoare de astfel de zăcăminte. La nivelul anului 1990, se prevede ca 60% din producția de energie electrică a României să se obțină pe baza extinderii utilizării cărbunilor inferiori și a potențialului hidroenergetic. Amintim, în acest context, construirea de mari termocentrale, cum sînt cele de la Rogojelu-Rovinari (jud. Gorj, ce va avea în final 1 720 MW), cea de la Turceni — jud. Gorj (cu o putere instalată de 2 640 MW, ce va fi printre cele mai mari termocentrale din Europa), care vor valorifica ligniții din regiunile respective.

V. PETROLUL — O ROCĂ ORGANOGENĂ

România, țară cu tradiție petrolieră recunoscută și o producție de 275 t de petrol înregistrată încă din anul 1857, are o industrie petrolieră de peste 100 de ani, fiind astăzi printre primele țări din lume producătoare de utilaj petrolier cu performanțe în forajul de mare adîncime și forajul marin.

Din cele mai vechi timpuri, săparea manuală a puțurilor și deschiderea structurilor petrolifere au făcut obiectul unor activități rudimentare ale țăranilor români.

Primele sonde săpate mecanic în România au fost forate după cum urmează: în anul 1864 în Muntenia, în anul 1879 în Moldova, iar între anii 1890 și 1895 în Oltenia (I. Gavăt, 1977).

Precursorii geologiei românești, Gr. Cobălcescu la Iași și Gr. Ștefănescu la București, au realizat primele studii geologice în regiunile cu zăcăminte de petrol din Muntenia, Oltenia și Moldova.

Printre contribuțiile importante cu privire la geologia și răspîndirea petrolului românesc menționăm lucrările realizate de L. Mrazec, G. Macovei, I. P. Voitești, I. Atanasiu, A. Vancea, N. Grigoraș, I. Gavăt și D. Paraschiv.

L. Mrazec, cercetînd formarea zăcămintelor de petrol, elaborează pentru prima dată teoria cutelor diapire și dezvoltă ipoteza originii organice a petrolului din România, considerînd stratele bituminoase de Cornu din jud. Prahova de vîrstă miocenă și disodilele oligocene, drept roci-mume de petrol. G. Macovei dezvoltă ipoteza originii organice a petrolului și demonstrează relațiile dintre petrolul carpatic și rocile-mumă generatoare din oligocen, extinzînd această concepție la toate zăcămintele din România.

Continuatori ai acestor idei, N. Grigoraș descoperă noi zăcăminte în Platforma Moesică, iar I. Gavăt — zăcămintele marginale din unitatea flișului, din Depresiunea Getică și a Moldovei.

Toate aceste activități de prospecțiune, explorare și apoi de exploatare au permis industriei extractive de petrol din R. S. România să atingă producția de 14 590 000 t petrol și 27 miliarde m^3 de gaze naturale, în anul 1975, deci de peste 4 ori mai mare la petrol și de aproape 30 de ori la gaze, în raport cu anii premergători primului cincinal.

Sarcini importante stau în viitor în fața industriei extractive de petrol, care deja se concretizează prin noi recorduri de adîncime atinse în foraje (6 500 m), precum și prin prospectarea și explorarea platformei continentale din fața litoralului românesc al Mării Negre.

Perspectivele de descoperire a noi zăcăminte de petrol și gaze se întrevăd în unele unități geologice, cum ar fi: Depresiunea Precarpatică (regiunea dintre Olt și Jiu, și dintre Jiu și Dunăre), zona flișului paleogen din Moldova, în zona de contact cu Platforma Moldovenească și în Cîmpia Română (depozitele mezozoice și paleozoice).

1) Originea petrolului

Problema originii petrolului a fost dezbătută mult timp și nici acum nu este complet soluționată. S-au încercat multe modele genetice, atît pe baza criteriilor geologice, cît și pe baza criteriilor chimice. Toate aceste încercări, de laborator sau la scară industrială, au dus la cunoașterea compoziției diferitelor petroluri de vîrste variate.

Petrolul ca și gazele naturale sînt substanțe mobile și deci nu se găsesc în locul unde s-au format, fapt ce ridică o serie de dificultăți în explicarea genezei acestor roci, mediul de formare al lor fiind aparent și nicidecum real.

Ipotezele privind originea petrolului se pot împărți în două: abiogenă, prima în ordine cronologică, și biogenă.

Originea biogenă implică participarea mai multor grupe de organisme, animale și vegetale, deseori combinînd ambele grupe. Transformările materiei organice s-ar datora unui complex de factori: biochimici, termici și radioactivi.

Deoarece acumulările de petrol sînt entități geologice, orice ipoteză privind originea petrolului satisface cerințele geologice cu privire la sursa materialului, procesele de transformare ale materiei organice și acumulare.

Asocierea aproape universală a petrolului cu rocile sedimentare poate fi explicată atît prin compoziția chimică, cît și prin alte proprietăți ale acestuia.

Cu sute de ani în urmă se cunoștea că petrolul se formează în interiorul scoarței terestre prin acțiunea apei și a carburilor metalice. Ulterior s-a propus un alt mecanism, care implică interreacția dintre metalele alcaline, bioxid de carbon și apă. În laborator hidrocarburile au fost obținute pe această cale, cu toate că atît carburile metalice, cît și metalele alcaline nu sînt cunoscute în scoarța terestră.

Pentru unele petroluri vechi a fost propusă originea dublă, atît pe cale abiogenă, ca urmare a unor reacții chimice ce au apărut înainte de formarea primelor sedimente, cît și biogenă, prin care primele organisme ar fi utilizat aceste „hidrocarburi" ca sursă de extragere a carbonului și hidrogenului, precum și a sulfului și azotului. Organismele s-ar fi găsit asociate în acest petrol primar, care prin resturile lor ar fi contribuit la formarea petrolului natural.

Originea abiogenă a petrolului, deși este formulată de multă vreme, a fost reluată și dezvoltată cu noi date de Porfirov (1974, 1977). Această ipoteză care are la bază o serie de reacții chimice se bazează numai pe date experimentale, de laborator și mai puțin pe procese care s-ar putea desfășura în condiții geologice.

2) Sursele de materie organică și principalii componenți organici din sedimente

Pentru a cunoaște sursa de materie organică din care au luat naștere hidrocarburile, trebuie să trecem pe scurt în revistă organismele prezente astăzi în sedimente. Dintre organisme, numai anumite grupe de plante inferioare pot utiliza substanțele anorganice și elibera compuși organici. Unele condiții deosebite pot determina ca proporția anumitor substanțe în organisme să difere foarte mult față de cantitățile produse și existente în condiții normale. Proporțiile depind de nivelul temperaturii

generale, care influențează cantitatea de materie organică pe unitatea de volum.

Petrolul se asociază în majoritatea cazurilor cu roci de origine marină. Eroziunea continentală este principala sursă în componenți minerali din apa mării, ulterior extrasă și folosită de microorganisme. Curenții marini, bogați în hrană și minerale, circulau în apropierea țărmului pe fund și ajungeau la suprafață în zonele denivelate sau ridicate ale povîrnișului continental.

Cantități mari de materie organică furnizează, în primul rînd, planctonul vegetal și animal, care se dezvoltă atît în apropierea țărmului, deasupra platoului continental, cît și în largul oceanic, pînă la adîncimi de maximum 250 m (fig. 25). Materia organică este mai concentrată, cu cît rata sedimentării este mai lentă (înceată), iar mișcarea apelor este slabă, astfel încît sedimentarea fină, pelitică de tipul argilelor sau al precipitatelor carbonatate foarte fine, devenea mediul favorizant formării petrolului. Sedimentarea grosieră este mai puțin favorabilă depunerii și conservării materiei organice, deoarece în aceste condiții aceasta poate fi ușor descompusă de bacteriile aerobe.

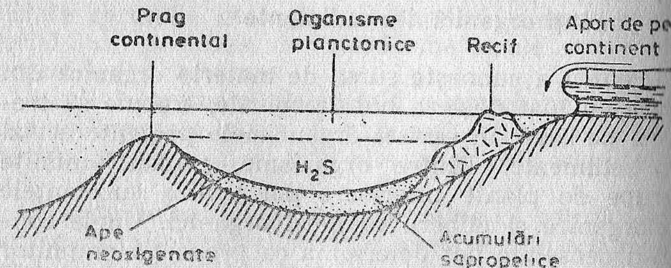


Fig. 25. Secțiune schematică printr-o lagună restrictivă plasată în apropierea mării cu condiții propice formării hidrocarburilor.

S-a constatat că depozitele deltaice sînt bogate în materii organice provenite din descompunerea resturilor vegetale de pe continent. Partea frontală, prodelta și platoul continental conțin depozite amestecate, bogate în materie organică provenită atît de pe continent, cît și din mare. Se menționează faptul că materialul vegetal de pe continent poate fi purtat de curenți la peste 1 000 km de țărm în largul oceanului.

Măsurătorile cantitative arată că producția zilnică de materie organică atinge zeci de grame/m^2 în zonele cîmpiei deltaice, ca și în regiunea frontală a deltei, precum și în cadrul platoului continental. Sedimentele din regiunea frontală a deltelor și din zonele ceva mai profunde ale platoului continental sînt destul de bogate în materii organice, fiind în același timp și sediul unor transgresiuni și regresiuni repetate, ceea ce favorizează conservarea materiei organice prin eventuale ecranări.

De obicei, condițiile aerobe sînt prezente pe cîteva zeci de metri în sedimente și pot fi înlocuite prin condiții anaerobe la peste 50 m.

S-a constatat că anumite substanțe din organisme sînt sursa acumulărilor de petrol. Dintre acestea, menționăm: lipidele, proteinele și carbohidrații. Proporțiile de participare diferă considerabil, în funcție de apartenența organismelor la regnul animal sau vegetal. Carbohidrații sînt mai bine reprezentați în cadrul regnului vegetal decît în cel animal.

Diferențele procentuale între substanțele prezente în organisme sînt destul de mari și variază după cum urmează:

Grupe de organisme	Substanțe organice (în %)		
	Esteri	Proteine	Carbo-hidrați
DINOFICEE (plancton vegetal)	1,5	14	85
DIATOMEE	8,0	30	63
CRUSTACEE mici (copepode)	8,0	65	22
NEVERTEBRATE	10	70	20
MATERIE ORGANICĂ în sedimente marine	1,0	40	48

Anumite organisme sau resturi de organisme pot fi mai rapid îngropate în sedimente, fără a suferi o alterație prea avansată în funcție de tipul de sedimente. Produsele solubile, formate înainte de sedimentare, ajung în sedimente prin intermediul apelor interstițiale, ca urmare a procesului de absorbție a materiilor minerale anorganice, cît și a resturilor organice, dealtfel toate aceste „materii" concură la producerea reacțiilor de polimerizare.

*Lipidele** se întîlnesc în organisme în procente variabile de la 1 pînă la 90%. Asemenea procente ridicate de pînă la 90% sînt prezente în coloniile algei verzi *Botryococcus* sau în depozitele ușor sapropelice.

Unele tipuri de nevertebrate conțin materie nesaponificată în proporție de 13—37%, în timp ce grăsimile de vertebrate au doar pînă la 2% materie nesaponificată**.

---

* Lipidele sînt molecule cu valoare calorică mare furnizată de acizii grași.

** Esterii nu sînt descompuși prin hidroliză în acizi grași.

După cum am mai precizat, materia organică variază procentual în sedimentele actuale în funcție de adîncime:

Sedimente	Carbon organic	Amino-acizi	Carbo-hidrați	Lipide
	Adîncime			
	120—135 cm	120—135 cm	120—135 cm	120—135 cm
Semimarine, puțin adînci, inclusiv platoul continental	0,53—0,83	2,5—3,0	5,0—8,0	2,2—2,9
Marine (la 3 000 m)	3,0	6,9	17	—
Sedimente de pe povîrnișul continental (între 250 și 2 000 m)	0,84	—	19	—

Proteinele sînt substanțe organice formate din carbon, hidrogen, oxigen, azot, sulf etc. prezente în protoplasma celulelor vegetale și animale.

Unii acizi organici derivă din esteri simpli conținînd polipeptide. Alteori se formează săruri ale acizilor sau un amestec complex polimeric de tipul kerogenului, substanță prezentă în sedimente și care nu se dizolvă în solvenții utilizați la transformarea hidrocarburilor. De exemplu, zaharurile nu sînt libere în sedimente, dar pot fi obținute prin procesul de hidroliză.

Carbohidrații se formează în organismele microscopice, planctonice (dinoficee, diatomee, cocolitofo-

ridee) și pot fi încorporați, direct sau indirect, în sedimentele marine și ulterior în petrol.

Petrolul brut se întîlnește asociat în majoritatea cazurilor în depozitele de șisturi argilo-grezoase. Alături de materia organică și fracțiunea minerală, sedimentele se depun, în general, în zone cu ape sub salinitatea normală.

Materia organică, dar mai ales acizii grași provin din talurile filamentoase ale algelor albastre. Astfel, concentrația în acizi grași, în talul algelor albastre diferă de la gen la gen: *Microcoleus* conține 3,8—14%, *Nostoc* 3,0—15% și *Anabaena* 4,5—14%. În schimb, bacteriile conțin acizi grași în proporție de 3—12%. Materialul lipidic atinge 25% în celula bacteriilor de tip *Desulfovibrio thermodisulfuricans*, iar 1—2% din greutatea lor celulară este formată din hidrocarburi saturate din seria porfirinelor normale.

Algele verzi și roșii conțin steroli (acizi grași) din fracțiunea nesaponificabilă, de tipul colesterolului (acid gras), considerat mult timp un produs numai animalier.

Alți compuși de tipul trigliceridelor* sînt prezenți în organismele recifale din grupul celenteratelor.

Clorofila, un produs atît de larg răspîndit în lumea plantelor, este o sursă importantă de porfirine (prezente frecvent în cloroplaste) în sedimente, din care pot deriva izoprenoizi (carbohidrați).

Petrolul nu se formează strict în sedimente, ci se pare că acesta apare printr-un proces de asimilare a substanțelor grase, de tipul hidrocarburilor din organisme, în anumite capcane sedimentare. Acest proces de formare implică, pe lîngă acumularea substanțelor organice provenite din organisme, și o serie de transformări inițiale asupra materiei organice prin intermediul unor agenți numiți transformanți. Un prim agent cu acțiune transformantă îl constituie *bacteriile*. În timp geologic acestea modifică materia organică prin îngroparea ei în sedimente. Biomasa bacteriană din sedimente, precum și din apă variază de la cîteva procente pînă la maximum 15%. Există probe certe că bacteriile anaerobe produc hidrocarburi aromatice în sedimentele actuale pînă la adîncimea de 1 m.

Un alt agent care concură la formarea petrolului transformînd materia organică este *radioactivitatea*. S-a constatat că sedimentele fine și rocile de tipul argilelor și șisturilor argiloase prezintă un grad destul de ridicat de radioactivitate, în raport cu rocile mai grosiere, de tipul gresiilor sau calcarelor grezoase. Acțiunea radioactivității asupra substanțelor organice a fost demonstrată experimental în cazul acizilor grași, obținîndu-se transformări avansate asupra materiilor organice pînă la trecerea acestora în petrol.

Intensitatea radioactivității scade cu timpul, iar activitatea transformantă dispare odată cu trecerea timpului.

Cel de-al treilea agent transformant este *temperatura*, care concură, pe lîngă ceilalți factori enumerați, la transformarea materiei organice în petrol.

3) Păreri noi cu privire la locul și modul de formare a petrolului

După B. Tissot (1979), rețeaua actuală a teritoriilor petrolifere cuprinde 148 zone principale ce reprezintă peste 85% din resursele mondiale de pe-

———

* Lipide coloidale formate din trei molecule de ester și trei de acid gras.

trol. Se pune firesc întrebarea cum sînt repartizate aceste zăcăminte?

În concordanță cu cercetările recente întreprinse de W. C. Pitman și P. Vail (1978, 1980), pe baza interpretărilor datelor de geofizică marină și a carotajelor efectuate de vasul „Glomar Challenger" în cadrul Programului de foraje în mările profunde, s-a propus un model în care elementul de bază este variația nivelului mărilor și oceanelor în timp geologic. Acest model ar explica foarte bine acumulările de petrol din anumite perioade geologice. Modelul are ca punct de plecare teoria expansiunii fundului oceanic, poziția crestelor (a ridurilor) și viteza de expansiune a fundului.

În conformitate cu acest model, în istoria geologică, de aproape 570 MA, se constată două cicluri majore de ridicare și de coborîre a nivelului mărilor și oceanelor. Aceste fluctuații constatate în timp geologic au avut repercusiuni majore în dezvoltarea și evoluția florei și faunei marine. S-a remarcat că productivitatea primară în fitoplancton (alge) este foarte ridicată în zona platformei continentale. Două maxime cu productivitate ridicată se înregistrează în timpul ordovician-silurian și în cretacic. După cum am menționat anterior, acumularea și formarea petrolului într-o anumită regiune implică prezența unor roci-mumă bogate în materie organică, în special în plancton. După îngroparea în sedimente acest tip de rocă produce petrol.

Astăzi se cunosc medii de sedimentare marine care permit conservarea și transformarea materiei organice în petrol. Dintre acestea menționăm:

— bazinele marine înconjurate de continente, puțin adînci, cu ape bogate în săruri nutritive aduse de pe continent, care în anumite perioade produc înflorirea apelor (explozia fitoplanctonului, în special dinoficee). Apele din aceste bazine erau slab oxigenate. Oxigenul prezent era rapid consumat de bacterii determinînd condiții anaerobe. Exemple de bazine care au evoluat asemănător și care conțin bogate zăcăminte de petrol se cunosc în Sahara și în Marea Nordului, petrolul fiind în primul caz de vîrstă paleozoică și în al doilea, mezozoică;

— bazine sau mări deschise din zonele de *Upwelling* (de ridicare spre suprafață a curenților bogați în hrană din profunzime), cu ape bogate în săruri nutritive, fapt ce determină producerea unei cantități considerabile de fitoplancton. Astfel de bazine se cunosc în fața coastei Perului, pe coasta de sud-vest a Africii și în partea de nord-vest a Oceanului Indian;

— bazine cu adîncimi mari, izolate, închise circulației oceanice, ceea ce determină existența unei pături de ape oxigenate pînă la adîncimea de 200 m, bogată în plancton și materie organică și o alta de la 200 m pînă la peste 2 000 m lipsită de oxigen, dar bogată în H_2S, sediul unor descompuneri intense de materie organică. Un asemenea bazin este astăzi Marea Neagră.

VI. PETROLUL ȘI GAZELE NATURALE — RESURSE DE ENERGIE PRIMARĂ

Petrolul este o rocă de natură organică din grupul rocilor caustobiolite cu proprietatea de a arde. Ele fac parte din categoria bitumenelor naturale, care cuprind, în afară de petrol și gazele naturale, asfaltul, smoala, șisturile bituminoase și parafinele fosile. Aceste bitumene formează o grupare cu compoziție chimică variată, insuficient cunoscută.

Criteriile de clasificare a bitumenelor sînt de natură fizică, fizico-chimică, chimică sau au la bază comportarea lor față de anumiți solvenți organici.

Criteriul fizico-chimic a fost utilizat de L. Mrazec, geolog român, precursorul cercetărilor privind originea și natura petrolului. Acest savant separa două categorii de bitumene: *libere*, legate fizic, adică prezente în spațiile libere dintre granulele minerale ale rocii gazdă (petrolul, gazele naturale, asfaltul), și *fixe*, care fac parte din moleculele minerale ale rocii (kerosenul din șisturile bituminoase).

Destul de recent, materia organică din rocile sedimentare a fost împărțită în trei grupe, din care pe noi ne interesează doar două: *naftabitumene*, care includ petrolul, gazele naturale, asfaltul și ozocherita; și *kerabitumene*, ce includ materia organică din rocile-mumă de petrol, precum și cea din șisturile kerogene.

1) Gazele naturale

Sînt acumulări care se întîlnesc în scoarță la adîncimi diferite, în structuri boltite numite *domuri*. Domurile gazeifere conțin în mare parte metan, asociat cu etan, propan, butan, precum și CO_2, H_2S și heliu.

Gazele naturale pot forma acumulări separate față de zăcămintele de petrol sau se asociază cu acestea din urmă, fie sub formă de cap-gaz, deci la partea superioară a zăcămintelor boltite de petrol, fie se găsesc dizolvate în petrol. În afară de metan, gazele asociate petrolului conțin și alte gaze cunoscute sub numele general de gazolină. După cum se știe, prezența sau absența gazolinei în gazele eliberate în timpul forajului reprezintă un indiciu important cu privire la existența petrolului.

Gazele naturale cuprind metan în proporție de 50—60%, în cazuri cu totul excepționale procentul atinge 100%.

Metanul este foarte răspîndit, deoarece rezistă timp îndelungat proceselor de oxidare naturală. Este un gaz prezent pe fundul lacurilor și al mlaștinilor, unde se formează așa-numitul gaz de baltă.

S-a constatat că pe măsură ce crește adîncimea se produce și o reducere progresivă a zăcămintelor de petrol și o înlocuire a acestora cu zăcăminte de gaze, mai ales la adîncimi de 4 000—6 000 metri datorită presiunilor mari înregistrate la aceste adîncimi.

Pe lîngă gazele asociate, prezența H_2S în gazele naturale și petrol scade calitatea acestora. Hidrogenul sulfurat este un gaz toxic, corosiv, prezența sa impune tratarea specială a gazelor sau a petrolului, înainte de prelucrarea lor. Deoarece gazele naturale au densitatea mai mică de 1, acestea se acumulează totdeauna la partea superioară a zăcămintelor, deasupra petrolului sau deasupra apelor de zăcămînt, de la caz la caz. La adîncimi mari, unele gaze naturale trec din starea gazoasă în starea lichidă, în condiții de temperatură constantă și presiune scăzută. S-a constatat că rezervele de gaze solidificate sînt bogate în arealele înghețate din nordul Americii și Asiei.

Cele mai importante *zăcăminte de gaze naturale din R. S. România* se cunosc în bazinul intramontan al Transilvaniei. Marginea acestui bazin este necutată sau slab cutată, iar zonele interne sînt presărate cu o serie de cute diapire (cute cu sîmbure de sare), dispuse în formă de lanțuri ce pot fi urmărite pe aliniamentul Dej — Beclean — Praid — Ocna Mureșului și Ocna Sibiului.

În zona internă a cutelor diapire se plasează domurile și cutele anticlinale cu flancuri simetrice și căderi unghiulare egale.

Domurile au axe orientate diferit, unele sînt simetrice, altele asimetrice.

Dintre structurile gazeifere mai cunoscute amintim pe cele de la Sărmășel, Cetatea de Baltă, Bazna, Copșa Mică, Saroș (jud. Mureș), Sîngiorgiul de Pădure (jud. Mureș) și altele.

Se apreciază că apariția gazelor în acest bazin ar fi legată de anumite tipuri de roci, și anume: șisturile argiloase cu radiolari din miocen (badenian), marnele gazoase sarmațiene și șisturile disodilice (oligocen).

Zăcămintele sînt stratiforme, ușor boltite și cuprind numai în miocen o stivă de depozite de aproape 2 000 m grosime.

Acumulări de gaze naturale se mai cunosc în structurile de la Chișinău-Criș (jud. Arad), Derna (jud. Bihor) și cele de la Deta, Tinca (jud. Bihor). Gazele din această zonă conțin uneori și CO_2.

Alte zăcăminte de gaze se întîlnesc în zona miopliocenă (diapiră) din fața Carpaților, în Depresiunea Precarpatică. O asemenea structură este cea de la Boldești situată la nord de Ploiești, unde formațiunile pliocene (din meoțian și levantin) conțin gaze naturale cu concentrații în metan de pînă la 99%.

2) Petrolul sau țițeiul

Este cea mai importantă sursă energetică a timpurilor actuale cu utilizare în numeroase industrii, în special cea chimică.

Goana după acest produs natural a început odată cu intrarea în arenă a motoarelor și a automobilului. Ca urmare a creșterii cererii mondiale de petrol după cel de-al doilea război mondial, producția mondială de petrol a cunoscut o creștere vertiginoasă. Astfel, volumul producției mondiale de petrol era de 1 374 000 000 barili în anul 1930, de 3 803 000 000 barili în anul 1950, de 7 913 000 000 barili în 1960, pentru ca în 1971 să ajungă la 17 655 000 000 barili. În anul 1980 producția totală de petrol a atins 30 000 000 000 barili. Drept urmare, petrolul a ajuns să ocupe în zilele noastre o poziție dominantă în cadrul resurselor de energie primară, însumînd circa 46% față de numai 33% cît reprezintă cărbunele.

La Congresul mondial de petrol ce a avut loc în București în anul 1980, John Roorda de la Compania Shell Oil a arătat, pe baza unor prognoze, modul cum va evolua cererea de petrol în lume. După acest autor, pînă în anul 2000 cererea de energie primară pe plan mondial va fi de 240 milioane barili* pe zi echivalent în țiței în cazul unei dezvoltări economice lente și de 280 milioane de barili pe zi în echivalent în țiței în cazul unei dezvoltări economice accentuate. În continuare se precizează că înainte de anul 1990 celelalte surse de energie, fără a include petrolul, nu vor putea să asigure mai mult de 55% din necesitățile de energie primară. În anul 2000 ele vor asigura 60—67% din necesitățile totale de energie. Cererea de petrol în țările industrializate nu va depăși 50—60 milioane de barili pe zi. Rata maximă a producției va fi atinsă începînd cu anul 1990 și va fi de 90—100 milioane barili pe zi în echivalent de țiței.

Geologii apreciază că în viitor există puține șanse de a găsi noi rezerve de petrol în regiuni mai puțin cunoscute. Există părerea că aproximativ 3/4 din cantitatea rezervelor ce urmează a fi descoperite se află cantonate în cîteva regiuni din lume, și anume în U.R.S.S. și R. P. Chineză peste 1/3, în Orientul Mijlociu circa 1/7, în America de Nord (inclusiv Alaska) aproximativ 1/5 și în America Latină 1/10.

Petrolul este un produs inflamabil natural, format din hidrocarburi gazoase, lichide și solide. În general, conține pînă la 65% hidrocarburi și între 0 și 40% compuși organici, anorganici, rășini și alte substanțe. Cu cît petrolul este mai ușor, mai benzinos, hidrocarburile ating concentrații de 90—98% față

* *Baril* — măsură de capacitate în jur de 159 litri, utilizată mai ales pentru produsele petroliere.

de petrolurile grele care conțin numai 50% hidrocarburi. Are o culoare brună-negricioasă sau cu reflexe albăstrui-verzui, uneori incolor cu miros specific, înțepător ori aromatic. Densitatea este variabilă între 0,730 și 1,040 g/cm^3; sub 0,900 g/cm^3 se formează petrolurile ușoare iar peste această limită petrolurile grele.

De regulă, într-un zăcămînt dispoziția petrolului se face după densitate. La partea inferioară se dispune apa de zăcămînt, concentrată în săruri, apoi urmează petrolul și la partea superioară gazul sau cap-gazul (fig. 26).

În funcție de prezența gazelor, presiunea în zăcămînt este variabilă, fapt ce influențează și permite exploatarea acestuia.

Zăcămintele de petrol pe teritoriul R. S. România sînt distribuite în Depresiunea Precarpatică, în oligocenul de la Moinești (jud. Bacău), precum și în cele de la Copăceni — Gura Vitioarei, Buștenari —

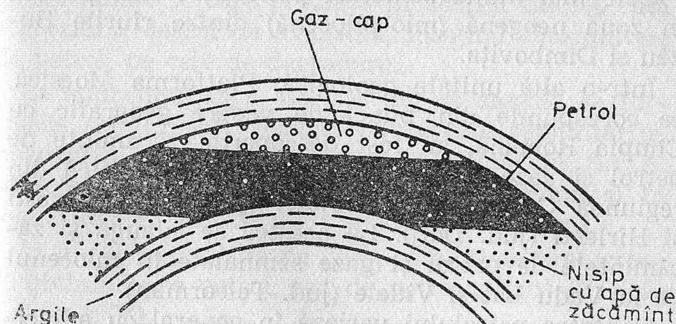


Fig. 26. Secțiune printr-un zăcămînt de petrol boltit și modul de dispunere al gazelor, petrolului și apei de zăcămînt.

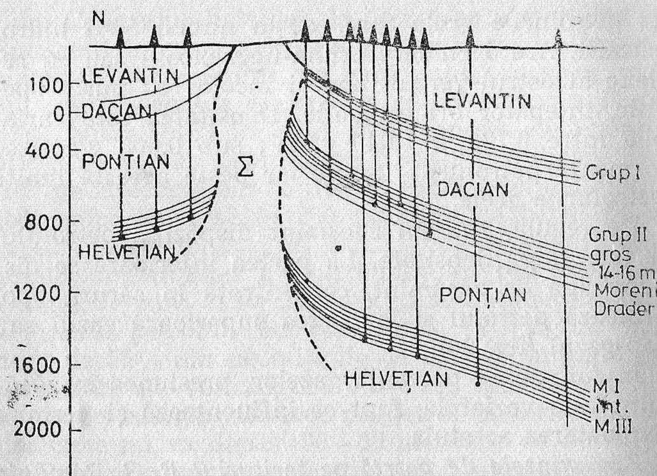


Fig. 27. Secțiune geologică prin structura petroliferă de la Moreni (jud. Dîmbovița).

Runcu — Cîmpina, Moreni (jud. Prahova) (fig. 27).

Cele mai multe structuri petrolifere sînt plasate în zona neogenă (mio-pliocenă) dintre rîurile Buzău și Dîmbovița.

Într-o altă unitate geologică, Platforma Moesică, ce corespunde din punct de vedere geografic cu Cîmpia Română, au fost descoperite zăcăminte de petrol și gaze în depozite de vîrstă mezozoică din regiunea Craiova (Balș-Optași) (jud. Olt), Ciurești și Hîrlești (jud. Dolj). La acestea se adaugă și zăcămintele de petrol și gaze semnalate în miocenul de la Vadu Lat și Videle (jud. Teleorman).

Calitatea petrolului variază în general cu adîncimea, respectiv cu vîrsta formațiunii în care se cantonează zăcămîntul (N. Grigoraș, 1961).

Zăcămintele mai adînci conțin petrol parafinos, cele aflate la adîncimi mai mici conțin petrol de tip semiparafinos și neparafinos.

Majoritatea zăcămintelor de petrol și gaze din România sînt zăcăminte stratiforme, boltite și afectate de falii. Zăcămintele sînt lipsite de gaz-cap primar, bogate în gaze dizolvate, iar apele de zăcămînt ce însoțesc petrolul sau gazele naturale sînt de tip clorocalcic.

3) Asfaltul

Reprezintă un amestec de hidrocarburi grele, de petrol oxidat. Solid, are o culoare negru-brun.

La noi în țară se cunosc zăcăminte de asfalt sub formă de impregnații în nisipurile pliocene de la Derna (jud. Bihor) și de la Matița (jud. Prahova).

Asfaltul este răspîndit în regiunile petrolifere puternic faliate și care prezintă în același timp o rată a eroziunii destul de avansată, însoțind zăcămintele de petrol, pe cale de degradare.

La suprafața unor mari lacuri de smoală se formează asfaltul sub forma unor cruste semiîntărite. Asemenea depozite de asfalt se cunosc în S.U.A. (statele Colorado, Utah și Montana), precum și în regiunile sud-vestice ale Canadei (Athabaska).

În unele regiuni de pe glob, asfaltul se prelucrează obținîndu-se petrol, cox de petrol și sulf (V. Stănescu, 1971).

Asfaltul este utilizat pe scară largă în construcții rutiere, în industria chimică și farmaceutică.

4) Smoala

Este un produs rezultat din oxidarea petrolului. Conține 50 pînă la 75% carbon și hidrogen, asfaltene și rășini. De culoare neagră, formează acumulări în lacuri, în zone depresionare fracturate, acestea din urmă fiind căi de acces pentru migrarea petrolului din adîncime. Ajungînd la suprafață, petrolul se oxidează și se depune în zone puțin adînci (lacuri), acoperite printr-un strat de asfalt solid sub care se află smoala lichidă.

Cele mai importante zăcăminte de smoală din lume se află în insula Trinidad (lacul La Brea), în insula Sahalin și în Venezuela.

5) Parafina

Fosilă, cunoscută și sub numele de *ceară de pămînt*, parafina este un bitumen solid, de culoare gălbuie sau brună, asemănătoare la prima vedere cu rășina.

Provine din oxidarea petrolurilor parafinice și cuprinde două varietăți: *ozocherita* (amorfă) și *hatchetita* (cristalizată).

În *R. S. România* depozite cu parafină fosilă se cunosc pe pîrîul lui Tudorache (jud. Bacău), în complexul gresiei de Kliwa (oligocen).

6) Șisturile bituminoase

Sînt roci sedimentare pelitice, cu granulație fină, șistoase, foioase care conțin materie organică în procente variabile. Cu cît cantitatea de materie organică este mai mare, cu atît combustia este mai

puternică. Deoarece sînt combustibile, se mai cunosc și sub numele de *piroșisturi*.

Au culoare închisă, de regulă, în spărtură proaspătă fiind cenușii. La temperatura de peste +300°C șisturile bituminoase eliberează materia bituminoasă.

Materia organică din șisturi poate fi solubilă sau insolubilă în solvenți, la temperatura normală cînd formează așa-numitele *kerabitumene*.

După unii cercetători, kerogenul din șisturile bituminoase constituie sursa petrolului și a gazelor prin transformări ulterioare în scoarță.

Kerogenul se obține prin distilarea termică a șisturilor bituminoase. Este lichid și se aseamănă cu gazul lampant.

Estimările publicate privind rezervele de șisturi bituminoase existente în lume sînt variate.

Rezervele mondiale, recuperabile, de șisturi bituminoase, cu factor de recuperare de 50% din care se obțin 43 l petrol la tona de șisturi bituminoase, se ridică la 912 miliarde t conținut în petrol. Această cifră este de 10 ori mai mare decît rezervele totale de petrol evaluate de experții O.N.U.

Cele mai mari depozite de șisturi bituminoase se cunosc în S.U.A., cu 326 miliarde t conținut în petrol, în Brazilia cu 120 miliarde t conținut în petrol, în Canada cu 23 miliarde t, în Zair cu 15 miliarde t, în U.R.S.S. cu 15 miliarde t, în Italia cu 5,5 miliarde t, în R. P. Chineză cu 4 miliarde t, precum și în multe alte țări rezerve sub 1 miliard t.

În R. S. România zăcămintele de șisturi bituminoase sînt cantonate în jurasic (liasic), la Anina și Doman (jud. Caraș-Severin), în cretacicul inferior, șisturile negre din flișul Carpaților Orientali, precum și în menilitele și disodilele din oligocenul flișului extern.

În Raportul la cel de-al XII-lea Congres al Partidului Comunist Român se prevede ca activitatea geologică să se intensifice în scopul identificării de noi resurse energetice și materii prime. Printre altele, se menționează trecerea la valorificarea complexă a șisturilor bituminoase atît în scopuri energetice, cît și pentru obținerea altor substanțe minerale utile.

De asemenea, în conformitate cu Directivele Congresului al XII-lea al Partidului Comunist Român și ale Planului Cincinal 1981—1985, forajul de mare adîncime pentru țiței și gaze se va extinde, perfecționîndu-se metodele de exploatare a hidrocarburilor, și se vor extinde lucrările de foraj pe platforma continentală a Mării Negre, știut fiind faptul că ponderea consumului de petrol extras din subsolul marin este pe plan mondial de 20%.

În acest sens, unele unități specializate din domeniul geologiei au început complexul de activități în cadrul programului FOMAR. Această acțiune de foraj-extracție a petrolului din Marea Neagră se desfășoară cu ajutorul instalațiilor complexe de foraj marin concepute și construite pentru prima dată la noi în țară. Prima instalație de foraj marin „Gloria" este asemănătoare cu o piramidă, înaltă de 60 m. Această instalație a fost plasată la 80 km de litoralul românesc, fiind dotată cu sape de foraj ce pot atinge adîncimea de 6 000 m.

Platforma de foraj se compune din patru piloni de fixare cu o lungime de 120 m și o greutate de 700 t fiecare; întregul complex de instalații cîntărește aproape 10 000 t. Recent, în cursul anului 1981 și-a început activitatea de foraj și cea de-a doua platformă, „Orizont", fapt ce va permite conturarea într-un răstimp mai scurt a rezervelor din arealul platformei continentale a Mării Negre.

GLOSAR DE TERMENI

— *bentos* (derivă din gr. *bentos*, de adîncime) asociații de organisme care trăiesc pe fundurile mărilor, oceanelor și a bazinelor lacustre cu ape dulci;
— *cocolite*, plăci calcaroase de 10—30 μ care alcătuiesc un fel de „cochilie" numită cocosferă cu rol în protejarea celulei algelor cocolitoforidee dintre Chrysophyceae;
— *endolite*, organisme care prin elaborarea unor substanțe acidofile pot dizolva diferite roci determinînd o serie de goluri locuite de acestea;
— *epifaună*, totalitatea organismelor animale care trăiesc pe diverse resturi de plante sau chiar pe alte animale;
— *epifloră*, totalitatea plantelor care trăiesc fixate sau libere pe anumite substrate (roci, scoici etc.);
— *epilite*, organisme care trăiesc libere sau fixate pe pietre;
— *facies*, ansamblul caracterelor unei roci (de exemplu, fosilele și mineralele componente pot caracteriza în ansamblu un pachet de roci);
— *organisme microproblematice*, organisme microscopice întîlnite în secțiuni subțiri efectuate în calcare a căror apartenență la un grup de plante sau animale este îndoielnică;
— *test* (derivă din lat. *testum* = solz), în sensul de cochilie la foraminifere, radiolari, moluște sau echinide;
— *zona coralgală*, zonă individualizată spre partea superioară a recifului unde pe lîngă corali participă și alge roșii sau albastre.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

Ceaușescu, Nicolae (1979), *Raport la cel de al XII-lea Congres al Partidului Comunist Român*, Editura politică, București.

Almășan, Bujor (1979), *Prefață* la *Istoria petrolului* de R. Sedillot, Editura politică, București.

Beca, C. (1978), *Geologia zăcămintelor de petrol și gaze*, Editura tehnică, București.

Barrabé, L., Feys, R. (1965), *Géologie du charbon*, Masson Edit., Paris.

Dragastan, O. (1980), *Alge calcaroase din mezozoicul și terțiarul României*, Editura Academiei R. S. România, București.

Gavăt, I. (1963), *Geologia petrolului și a gazelor naturale*, Editura didactică și pedagogică, București.

Grigoraș, N. (1961), *Geologia zăcămintelor de petrol și gaze din R. S. România*, Editura tehnică, București.

Iancu, Aurel (1976), *Creșterea economică și resursele naturale*, Editura politică, București.

Lăzărescu, Vasile (1980), *Geologia fizică*, Editura tehnică, București.

Lupei, N., Brana, V. (1971), *Zestrea minerală a lumii*, Editura științifică, București.

Mateescu, I. (1962), *Geologia zăcămintelor de cărbuni*, Editura didactică și pedagogică, București.

Papiu, V. C. (1957), *Sedimentele marine actuale*, Editura științifică, București.

Petrescu, I., Dragastan, O. (1981), *Plante fosile*, Editura Dacia, Cluj-Napoca.

Rădulescu, D., Anastasiu, N. (1980), *Petrologia rocilor sedimentare*, Editura didactică și pedagogică, București.

Răileanu, Gr., Grigoraș, N., Oncescu, N., Plisca, T. (1963), *Geologia zăcămintelor de cărbuni*, Editura tehnică, București.

Stach, E. și colab. (1975), *Coal Petrology*, Stuttgart.

Stănescu, V. (1971), *Geologia zăcămintelor de petrol și gaze*, Institutul de petrol, gaze și geologie, București.

Voronkov, M. G. și colab. (1974), *Siliciul și viața*, Editura științifică, București.

CUPRINS

Redactor: LAURA MĂRGINEANU
Tehnoredactor: CONSTANTIN IORDACHE

Coli de tipar: 4,5. Planşe pag. 1.
Bun de tipar: 12.06.1982.

Întreprinderea Poligrafică Cluj
B-dul Lenin 146, Municipiul Cluj-Napoca
Republica Socialistă România
Comanda nr. 110





Cerințele mereu crescinde de substanțe minerale utile au dus la intensificarea cercetărilor interdisciplinare din domeniul geologiei, precum și la reevaluarea importanței faciesurilor în formarea unor roci utile.

În acest context lucrarea redă principalele grupe de organisme vegetale și animale constructoare de roci. Sînt prezentate mediile și bazinele de sedimentare, precum și asociațiile de plante, protozoare, nevertebrate și vertebrate ce le caracterizează de-a lungul perioadelor geologice. În funcție de natura testului, sînt descrise pe larg depozitele formate, în special rocile calcaroase, rocile silicioase, cărbunii, hidrocarburile, domeniile de utilizare și răspîndirea acestora pe teritoriul R. S. România.

Editura științifică și enciclopedică Lei 4,75